

Implementação de um comboio logístico e *Lean Manufacturing*

Maria Joana Gomes Pereira Ferraz

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof^ª. Dra. Ana Maria Azevedo Neves

Orientador na empresa: Eng. Carlos Furtado



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho 2018

Aos meus pais e avós

Resumo

O presente projeto de dissertação foi desenvolvido em ambiente acadêmico e empresarial na empresa metalomecânica Quantal S.A., em Rio Mau, Vila do Conde.

O principal objetivo do projeto foi a implementação de um comboio logístico e de ferramentas *Lean Manufacturing*, no sentido de melhorar o funcionamento da logística interna da empresa, através do aumento da eficiência dos processos e eliminação de desperdícios.

Numa fase inicial, procurou-se conhecer todos os setores envolvidos na cadeia produtiva dos produtos realizados na empresa e fez-se um levantamento de necessidades e identificação de problemas. De seguida, com base na informação obtida e após a realização de diversos estudos, procedeu-se à elaboração de propostas de melhoria assentes na filosofia *Lean* e suas metodologias, tendo em vista o cumprimento dos objetivos específicos definidos para o projeto.

A implementação do comboio logístico incluiu a escolha do veículo e carruagens, definição da rota a seguir, procedimento e regras de funcionamento a cumprir. Para melhorar o fluxo de material na fábrica implementou-se também um sistema de cores para identificação de material e um sistema de avaliação e deteção de erros na logística interna. Para além disso, realizaram-se melhorias ao nível da identificação e organização do espaço na fábrica.

No final do projeto verificou-se que as melhorias implementadas permitiram tornar mais ágil e fluido o fluxo interno de informação e materiais, eliminando-se tempos e movimentações desnecessários.

Implementation of a logistics train and *Lean Manufacturing*

Abstract

The present dissertation project was developed in an academic and business environment in the metalworking company Quantal S.A., in Rio Mau, Vila do Conde.

The main objective of the project was the implementation of a logistics train and *Lean Manufacturing* tools, in order to improve the operation of the internal logistics of the company, by increasing the efficiency of processes and elimination of waste.

In an initial phase, it was sought to know all the sectors involved in the production chain of the products made in the company and an assessment of needs and identification of problems was made. Afterwards, based on the information obtained and after carrying out several studies, proposals for improvement based on the *Lean* philosophy and its methodologies were developed, with the purpose of meeting the specific objectives defined for the project.

The implementation of the logistics train included the choice of the vehicle and coaches, the definition of the route to be followed, and the procedure and rules of operation to be fulfilled. In order to improve the material flow in the factory, a colour system for material identification and an internal logistics error evaluation and detection system were also implemented. In addition, improvements have been made in the identification and organization of the factory space.

At the end of the project it was verified that the improvements implemented allowed to make more agile and fluid the internal flow of information and materials, eliminating unnecessary times and movements.

Agradecimentos

À Prof^a. Dra. Ana Neves, orientadora na FEUP, o meu agradecimento pela disponibilidade, ajuda e transmissão de conhecimentos na realização deste projeto.

À Maria Cachim, amiga e colega do dia-a-dia na empresa, pelo apoio e entreaajuda ao longo deste período.

Ao Engenheiro Carlos Martins, pela disponibilidade, orientação e contribuição na implementação do projeto.

Ao Engenheiro Carlos Furtado, orientador na empresa, pelo apoio e acompanhamento ao longo da realização do projeto.

Ao Engenheiro Francisco Santos, pela contribuição e criação de ferramentas importantes para o projeto.

À Quantal S.A., por me ter permitido a realização deste estágio.

A todos os colaboradores da Quantal S.A. que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

À minha família, pelo apoio e confiança transmitidos.

A todos os meus amigos e colegas que acompanharam o meu percurso académico e contribuíram para a realização deste projeto.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	O grupo Quantal.....	1
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Revisão Bibliográfica.....	4
2.1	Introdução Histórica	4
2.2	Toyota Production System (TPS)	5
2.3	Princípios do <i>Lean</i>	6
2.4	<i>Muda, mura e muri</i>	7
2.5	Identificação dos desperdícios	8
2.6	Ferramentas <i>Lean</i>	9
2.6.1	<i>Just-In-Time (JIT)</i>	9
2.6.2	<i>Jidoka</i>	10
2.6.3	<i>Heijunka</i>	10
2.6.4	<i>Kaizen</i>	10
2.6.5	5S's.....	12
2.6.6	<i>Standardized Work</i>	13
2.6.7	Gestão Visual	14
2.6.8	<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	14
2.6.9	<i>Poka-Yoke</i>	15
2.7	Fluxo na Logística Interna	16
2.7.1	Logística tradicional vs. Logística <i>Lean</i>	16
2.7.2	Supermercados	17
2.7.3	<i>Mizusumashi</i>	17
2.7.4	Sincronização (<i>Kanban</i>).....	19
2.7.5	Planeamento <i>Pull</i>	19
2.8	Bordos de Linha	20
2.9	Engenharia de métodos	21
2.10	Medição do trabalho.....	21
2.10.1	Estudo do tempo	21
2.10.2	Amostragem do trabalho	22
2.10.3	Técnicas de estimativa	22
2.10.4	Síntese	22
2.10.5	Sistemas de tempo predeterminados (<i>PTS – Predetermined time systems</i>)	23
3	Apresentação do Problema.....	24
3.1	Apresentação dos setores envolvidos na cadeia produtiva.....	24
3.2	Enquadramento e descrição dos problemas	26
3.2.1	Procedimento logístico.....	27
3.2.2	Meios de transporte	28
3.2.3	Zonas de <i>IN</i> e <i>OUT</i>	30
3.2.4	Ordem de Fabrico/Ficha de Identificação do Produto.....	32
3.2.5	Organização do espaço.....	33
4	Apresentação da solução proposta.....	35
4.1	Implementação do comboio logístico	35
4.1.1	Pressupostos iniciais	35
4.1.2	Escolha do veículo e atrelados	36
4.1.3	Estudo do número de <i>trolleys</i>	39

4.1.4	Local para colocação de <i>trolleys</i> vazios.....	40
4.1.5	<i>Stock</i> de segurança de <i>trolleys</i> em cada setor	40
4.1.6	Rota do comboio logístico.....	43
4.1.7	Procedimento e regras de funcionamento	47
4.2	Sistema de cores	51
4.3	Identificação e organização do espaço	55
4.3.1	Zonas de <i>IN</i> e <i>OUT</i>	55
4.3.2	Organização do espaço.....	56
4.4	Sistema de avaliação e deteção de erros	57
4.5	Resultados obtidos.....	58
5	Conclusões.....	60
5.1	Conclusões do projeto.....	60
5.2	Trabalhos futuros	61
5.3	Competências adquiridas pela mestranda	61
	Referências	63
ANEXO A:	<i>Layout</i> da fábrica da Quantal S.A. no início do projeto – pavilhão 2, 1 e cave, respetivamente.....	66
ANEXO B:	Características do comboio de reboque LTX 70/LTX-T 80 da STILL	69
ANEXO C:	Vista geral do modelo <i>B-Frame</i> de <i>trailers</i> da STILL	70
ANEXO D:	Desenho de conjunto do <i>trolley</i> projetado e produzido na Quantal S.A.	71
ANEXO E:	Estudo da contagem de paletes na fábrica por dia	72
ANEXO F:	Locais definidos para colocação de <i>trolleys</i> e rota do comboio logístico na fábrica (pavilhão 1 e 2).....	77
ANEXO G:	Exemplo dos dados da produção retirados do sistema informático da Quantal S.A. 79	
ANEXO H:	Contagem de Ordens de Fabrico finalizadas por hora em cada setor nos três períodos de tempo analisados	80
ANEXO I:	Documento criado para registo de paletes por parte dos operadores	90
ANEXO J:	Contagem de paletes finalizadas por hora no CL2D, Quinagem e Ferramentaria nos dois períodos de tempo analisados.....	91
ANEXO K:	<i>Stock</i> de segurança adotado para cada setor.....	94
ANEXO L:	Exemplo dos dados das Ordens de Fabrico extraídas do sistema informático da Quantal S.A.	95
ANEXO M:	Contagem do processo seguinte de cada setor por análise das Ordens de Fabrico 96	
ANEXO N:	Contagem de paletes por setor para o CL2D, Quinagem e Ferramentaria	97
ANEXO O:	Quantidades de cartões produzidas.....	98
ANEXO P:	Posto de informação.....	99
ANEXO Q:	Exemplo da regra de funcionamento 1 relativa aos setores – correta separação de material.....	100
ANEXO R:	Folha informativa com as regras de funcionamento do comboio logístico relativas aos setores	101
ANEXO S:	<i>Layout</i> da fábrica da Quantal S.A. no final do projeto – pavilhão 2, 1 e cave, respetivamente.....	102
ANEXO T:	Descrição do funcionamento do programa de avaliação da separação de material 105	
ANEXO U:	Folha de registo de erros de Engenharia	110

ANEXO V: Tempos de realização do percurso CL2D-FERR-QUI-EMB com empilhador e comboio logístico, respetivamente	111
--	-----

Siglas

4P – *Philosophy* (Filosofia), *Process* (Processo), *People and Partners* (Pessoas e Parceiros) e *Problem Solving* (Resolução de problemas)

5S's – *Seiri* (Triagem), *Seiton* (Ordenação), *Seiso* (Limpeza), *Seiketsu* (Normalização) e *Shitsuke* (Disciplina)

CEO – *Chief Executive Officer*

CL – Comboio Logístico

CNC – Comando Numérico Computadorizado

CL2D – Corte LASER 2D

CL3D – Corte LASER 3D

DOP – *Drop Off Point*

JIT – *Just-In-Time*

OF – Ordem de Fabrico

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PTS – *Predetermined Time Systems*

SDCA – *Standardize-Do-Check-Act*

SS – *Stock* de Segurança

TPS – *Toyota Production System*

VSM – *Value Stream Mapping*

Índice de Figuras

Figura 1 – Modelo dos 4 P's (Liker and Meier 2005).	5
Figura 2 – <i>House of TPS</i> (Liker 2003).	6
Figura 3 - Princípios do Lean (Eaton 2013).	6
Figura 4 - Os 7 tipos de desperdícios (Melton 2005).	8
Figura 5 - Ciclo PDCA (Imai 2012).	11
Figura 6 - Casa do <i>Standardized Work</i> (Liker and Meier 2005).	13
Figura 7 – Etapas necessárias para a criação de um mapa de fluxo de valor (Rother and Shook 2003).	15
Figura 8 - Comparação entre a utilização de empilhadores e comboios logísticos (Coimbra 2013).	18
Figura 9 - Comparação do funcionamento dos sistemas <i>Pull</i> e <i>Push</i> (Bonney et al. 1999).	20
Figura 10 - Monta cargas que realiza a ligação entre a Soldadura e os restantes setores.	27
Figura 11 - Empilhador usado no transporte de material entre setores.	28
Figura 12 - Exemplo de um porta-paletes manual usado no transporte de material entre setores.	29
Figura 13 - Exemplo de um carro de prateleiras usado no transporte de material entre setores próximos e como auxílio na produção.	30
Figura 14 - Exemplo de zonas de <i>IN</i> e <i>OUT</i> na fábrica.	30
Figura 15 – Zona de <i>IN</i> do setor de Maquinação com visível desorganização.	31
Figura 16 – Desgaste das fitas que identificam a zona de <i>IN</i> do setor CL3D.	32
Figura 17 - Exemplo de uma Ordem de Fabrico.	32
Figura 18 - Ordem de Fabrico em muito mau estado.	33
Figura 19 - Desorganização dos corredores da fábrica.	34
Figura 20 - Modelo do comboio de reboque escolhido (STILL 2018).	36
Figura 21 - Modelo de trailers escolhido (STILL 2018).	37
Figura 22 – <i>Trolleys</i> produzidos na empresa.	37
Figura 23 - <i>Trolleys</i> devidamente inseridos nos <i>trailers</i> , prontos para transportar material (STILL 2018).	38
Figura 24 – Comboio e <i>trailers</i> na fábrica antes da primeira viagem.	38
Figura 25 – Setores seguintes do CL2D com base na análise de OF's.	45
Figura 26 - Setores seguintes da Quinagem e Ferramentaria com base na análise de OF's.	45
Figura 27 - Setores seguintes do CL2D com base na contagem de paletes.	46
Figura 28 – Setores seguintes da Quinagem e Ferramentaria com base na contagem de paletes.	46
Figura 29 - Procedimento 1 de transporte de material (não implementado).	48
Figura 30 - Procedimento 2 de transporte de material (implementado).	49

Figura 31 - Exemplo de um cartão de identificação de um setor.	52
Figura 32 - Folha com as cores de cada setor para auxílio da sua identificação.	52
Figura 33 - Cartões armazenados num suporte com divisórias.	53
Figura 34 – Folhas informativas com as regras de funcionamento do comboio logístico relativas aos setores.	54
Figura 35 – Zonas de <i>IN</i> e <i>OUT</i> da Ferramentaria após arrumação e correta sinalização.	55
Figura 36 – Estante colocada no setor de Maquinação para arrumação de ferramentas.	56
Figura 37 – Corredor da fábrica antes (esquerda) e depois (direita) da sua arrumação e organização.	57

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Capacidade horária semanal dos setores existentes na produção.....	26
Tabela 2 – Resultados do estudo da contagem de paletes.	39
Tabela 3 - Média de OF's realizadas por hora em cada setor.	41
Tabela 4 - Média de paletes finalizadas por hora no CL2D, Quinagem e Ferramentaria.	42
Tabela 5 – Média de OF's por paleta nos setores CL2D, Quinagem e Ferramentaria.	42
Tabela 6 – <i>Stock</i> de segurança de <i>trolleys</i> para cada setor.	43
Tabela 7 – Percursos possíveis para o comboio logístico.	44
Tabela 8 – Processo seguinte mais comum de cada setor segundo os operadores.	44
Tabela 9 – Regras de funcionamento do comboio logístico.....	50
Tabela 10 - Cor atribuída a cada setor.	51
Tabela 11 – Regras de funcionamento relativas aos setores.	54
Tabela 12 - Tempo de realização de um percurso antes e após implementação do comboio. .	59

1 Introdução

A presente dissertação surge no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), no ramo de Produção, Conceção e Fabrico, tendo sido realizada em ambiente académico e empresarial na empresa Quantal S.A. O tema do trabalho “Implementação de um comboio logístico e *Lean Manufacturing*” insere-se na proposta da empresa, visando a integração e aplicação de conhecimentos e competências adquiridos ao longo do curso.

O projeto envolveu a análise de diversas situações, a recolha de informação pertinente, a seleção de metodologias de abordagem e instrumentos de resolução do problema proposto, a sua resolução e, por fim, o exercício de síntese e a elaboração de conclusões.

O presente capítulo tem como objetivo explicar a motivação para a realização do projeto e descrever a empresa onde o estudo foi desenvolvido, a sua história e o seu enquadramento na indústria. Serão igualmente descritos os objetivos do projeto e o método e estrutura seguidos na dissertação.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O conceito *Lean* ou melhoria contínua é, hoje em dia, amplamente estudado e desenvolvido, apresentando notórios resultados em indústrias das mais diversas áreas. A implementação das suas práticas tem um papel determinante nos índices de eficiência e qualidade das empresas, permitindo alcançar níveis de excelência. Numa empresa ambiciosa e competitiva, a identificação de problemas existentes e a procura de novas soluções para estes deve ser uma constante.

A logística interna assume um papel fundamental no funcionamento de uma unidade produtiva, englobando o fluxo de materiais, recursos e informação. No sentido de reduzir custos e melhorar a produtividade, é essencial o seu correto funcionamento.

Este projeto partiu da preocupação da empresa com as questões mencionadas e da necessidade de fazer face aos seus défices ao nível da logística interna. Assim, o projeto insere-se numa perspetiva de melhoria contínua aplicada à logística interna da empresa, nomeadamente no que diz respeito à implementação de um comboio logístico na sua fábrica.

Em termos pessoais, a escolha do tema deveu-se à área de trabalho em questão, por ser uma matéria desafiante e em constante desenvolvimento, com inúmeras aplicações e possibilidades.

1.2 O grupo Quantal

A Quantal S.A. é uma empresa portuguesa fundada em 1995 e situada em Vila do Conde, pertencente ao Quantal Group, um grupo composto por quatro empresas: Quantal S.A., Formstampa, Espam e Growstamp, em crescente evolução e internacionalização, representando a primeira mais de 80% do volume de negócio. É pioneira no desenvolvimento

de aplicações industriais para o setor automóvel e industrial, em série e protótipo, trabalhando convictamente no sentido de encontrar soluções inovadoras e de elevado grau de qualidade para as necessidades e expectativas dos seus clientes (Quantal Group 2017).

O Quantal Group tem como missão o alinhamento de toda a organização, com foco especial nos seus colaboradores e parceiros, com vista a uma melhor compreensão e antecipação das necessidades destes, reforçando a sua relação ao nível da fidelidade e lealdade, e mantendo a preocupação na inovação e na qualidade. Nas palavras do *Chief Executive Officer* (CEO), este objetivo só é possível com o empenho determinado de todos os colaboradores, sendo imprescindível que estes estejam conscientes da sua responsabilidade e importância nos processos produtivo e operacional (Quantal Group 2017).

Considerada uma das líderes europeias na sua atividade, a empresa rege-se pelos seguintes valores (Quantal Group 2017):

- Focalização e Satisfação do Cliente;
- Reconhecimento do talento, criatividade e profissionalismo;
- Flexibilidade, Eficiência e Excelência;
- Inovação em tecnologia, materiais, produtos e serviços;
- Respeito e preocupação com o meio envolvente;
- Cultura, entusiasmo e confiança empresarial.

Atualmente, a Quantal S.A. conta com 250 trabalhadores e trabalha 24 horas por dia, 7 dias por semana em 3 turnos, de forma a dar resposta aos seus clientes, um pouco por todo o mundo.

A empresa, que surgiu há 23 anos com o nome Quantal S.A., foi vanguardista no desenvolvimento da tecnologia de corte LASER para aplicações industriais. Nos primeiros anos, com o crescimento do volume de negócio, a empresa aumentou bastante a área da fábrica e, em 2001, adquire a Formstampa, uma empresa especializada em construção, portas de segurança e acabamentos que, atualmente, é uma referência no mercado nacional, com especial foco no mercado africano (Quantal Group 2017).

Em 2007, inauguraram-se as novas instalações do grupo, crescendo novamente o chão de fábrica para as dimensões atuais de 6000 m², e é igualmente adquirida a empresa Espam, especializada em estampagem metálica, com 85% da sua produção em série direcionada para o setor automóvel (Quantal Group 2017).

Em 2011, junta-se ao grupo a Growstamp, tratando-se de uma empresa dedicada à produção de equipamentos agrícolas e industriais, operando principalmente no mercado nacional (Quantal Group 2017).

Finalmente, em 2012, surge o Quantal Group como uma nova estratégia de marketing (Quantal Group 2017).

1.3 Objetivos do projeto

O objetivo geral deste projeto consistiu na implementação de um comboio logístico e de ferramentas *Lean Manufacturing* numa fábrica de produção, por forma a reduzir desperdícios e aumentar a produtividade. Os objetivos específicos deste trabalho foram os seguintes: (1) melhoria do processo de transporte de material entre setores com recurso a comboio logístico; (2) implementação de um sistema de cores para identificação do material; (3) melhoria da identificação e organização do espaço na fábrica; (4) implementação de um sistema de

avaliação e detecção de erros na logística interna. Este último objetivo específico não estava inicialmente previsto, mas no decorrer do projeto tornou-se necessário acrescentá-lo.

Com o intuito de cumprir os objetivos definidos, efetuou-se o levantamento de problemas e necessidades relativamente à logística interna da empresa, procedendo-se de seguida à sua análise. Recorrendo à filosofia *Lean Manufacturing* e suas ferramentas, propuseram-se e implementaram-se diversas melhorias para promover uma maior qualidade na produção.

1.4 Método seguido no projeto

Inicialmente, começou-se por analisar a situação atual da empresa, nomeadamente o modo de funcionamento da sua logística interna, através de observação e registo, passando-se por todos os setores e acompanhando os operadores nas suas tarefas. Este plano inicial permitiu obter um conhecimento alargado da fábrica e dos vários processos produtivos existentes.

De seguida, procurou-se identificar de forma clara os problemas e, tendo por base uma pesquisa de conceitos teóricos relacionados com o tema do projeto, estudaram-se várias soluções e melhorias.

Na fase final do projeto, procurou-se implementar as soluções mais adequadas das várias que foram estudadas, no sentido de corrigir os problemas detetados e melhorar o funcionamento da logística interna.

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em 5 capítulos.

No presente capítulo, é feito um enquadramento do projeto e é descrita a empresa onde este foi realizado. São ainda definidos os seus objetivos, a metodologia adotada e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo é constituído por um enquadramento teórico essencial ao desenvolvimento do projeto e que serviu de base às soluções implementadas. Este foi redigido após pesquisa bibliográfica.

No terceiro capítulo, retratam-se os diferentes setores que constituem a empresa e o modo de funcionamento da sua logística interna. São também apresentados de forma detalhada os problemas encontrados.

O quarto capítulo prende-se com a identificação, descrição, estudo e comparação das propostas de melhoria e com a análise dos resultados obtidos após a sua implementação.

Por fim, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões e as perspetivas de trabalhos futuros.

2 Revisão Bibliográfica

Este capítulo é dedicado à exposição da filosofia *Lean*, a qual está na base da realização deste estudo. Desta forma, é apresentada uma explicação acerca da sua origem e das ferramentas e metodologias que a constituem e que serviram de suporte ao trabalho realizado, no que diz respeito à compreensão dos problemas, criação de soluções e sua implementação, contribuindo, assim, para a melhoria da logística interna da empresa.

Para além do conceito mencionado, é também abordada a noção de Engenharia de métodos, assim como algumas técnicas de medição do trabalho.

2.1 Introdução Histórica

Nos finais do século XIX, como consequência da Revolução Industrial (1770-1800), surgiu a produção em massa, a qual, naquela época, se baseava em três ideias básicas: divisão do trabalho, peças permutáveis e mecanização. Por volta de 1850, começou a impor-se como o modo dominante de fabricação, tornando-se conhecido como o sistema americano de produção. Por contraste, o método europeu apoiava-se mais nas capacidades humanas e não tanto na mecanização dos processos (Duguay, Landry, and Pasin 1997).

À medida que as empresas praticavam a produção em massa, cresciam em tamanho, capacidade e velocidade de produção, tornando mais complexo o processo de gestão. Esta complexidade, reforçou a necessidade de abordar questões de organização, coordenação e controlo e assim surgiu a chamada “gestão científica”, com *Frederick W. Taylor* como o seu pioneiro. Este tipo de gestão centrava-se na organização sistemática do trabalho, no sentido de tornar este último mais fácil de gerir e propunha também a criação de um departamento de planeamento, o qual contribuiu para separar ainda mais a gestão da produção e a tomada de decisões estratégicas na empresa, acentuando a distinção entre “os que pensam” e os “que executam” numa empresa (Duguay, Landry, and Pasin 1997).

Em 1913, Henry Ford, pioneiro da indústria automóvel americana, desenvolveu um conceito de produção em massa composto por um conjunto de técnicas inovadoras, como a criação de uma linha de produção contínua, que permitiram aumentar a qualidade dos produtos e reduzir custos. Esta abordagem dominou a indústria automóvel durante muito tempo, sendo adotada em quase todas as atividades industriais nos Estados Unidos e na Europa (Womack, Jones, and Roos 1990); (Chen and Meng 2010).

A *Toyota Motor Company*, fundada em 1937 por *Kiichiro Toyoda*, teve muitas dificuldades nos primeiros anos, produzindo principalmente camiões com recurso a tecnologias e métodos primitivos. Em 1950, após a Segunda Guerra Mundial, *Eiji Toyoda*, o então responsável pela empresa, visitou uma fábrica da *Ford* e voltou decidido a melhorar o sistema de produção da *Toyota*, com o objetivo de aumentar a sua produtividade, tarefa que atribuiu ao diretor de produção da empresa, *Taiichi Ohno*. Este percebeu que replicar o modelo de produção em massa da *Ford* não era o caminho a percorrer, mas que seria possível usar o conceito base de fluxo contínuo de material para desenvolver um sistema inovador. Assim, nasceu o *Toyota*

Production System, que mais tarde se veio a chamar de *Lean Manufacturing* ou *Lean Production* (Liker 2003); (Chen and Meng 2010).

2.2 Toyota Production System (TPS)

O principal objetivo do *Toyota Production System* é o aumento da produtividade, através da redução de custos que, por sua vez, é alcançada através da eliminação de desperdícios (Monden 2011).

Na base da criação desta filosofia está o modelo dos 4P's, uma pirâmide de quatro níveis, que surge como ponto de partida para a abordagem deste sistema produtivo. Os 4P's são: Filosofia (*Philosophy*), Processo (*Process*), Pessoas e Parceiros (*People and Partners*) e Resolução de Problemas (*Problem Solving*) (Liker 2003).

- Filosofia: pensamento a longo prazo;
- Processo: utilização dos processos mais corretos para obtenção dos melhores resultados;
- Pessoas e Parceiros: acrescento de valor à organização através do desenvolvimento das competências das pessoas e parceiros;
- Resolução de Problemas: aprendizagem e melhoria contínua.

O modelo é construído de baixo para cima, no qual a filosofia da empresa leva à eliminação de desperdícios, desenvolvimento das pessoas e melhoria contínua. A pirâmide do modelo dos 4P's encontra-se representada na Figura 1.

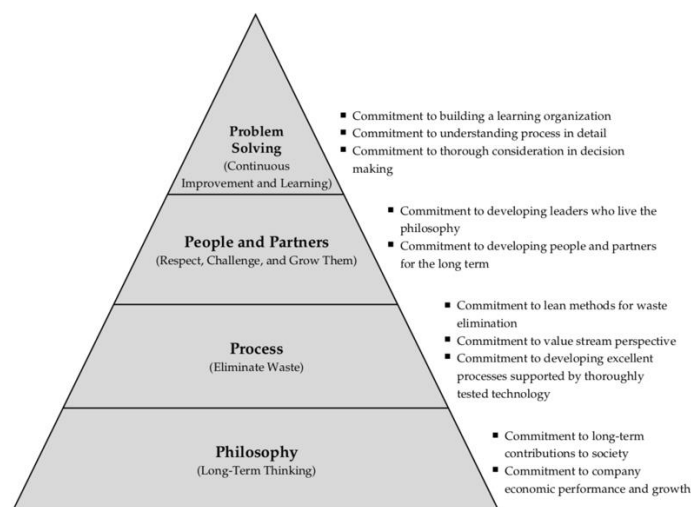
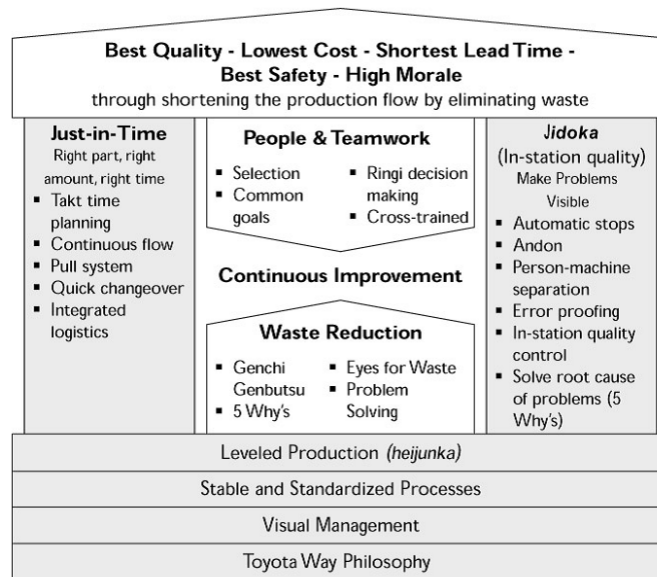


Figura 1 – Modelo dos 4 P's (Liker and Meier 2005).

Segundo Liker (2003), de forma a esquematizar melhor os princípios do TPS, *Fujio Cho*, discípulo de *Taiichi Ohno*, desenvolveu uma representação simples em forma de uma casa. Este esquema, reforça a ideia de que todos os elementos que constituem este sistema são de extrema importância para o seu funcionamento. Na Figura 2 encontra-se representada esta casa.

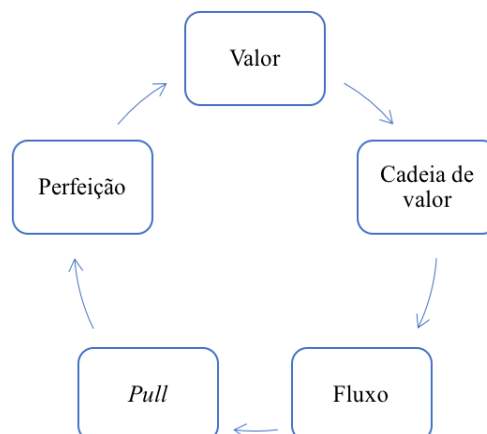
Figura 2 – *House of TPS* (Liker 2003).

Na sua base estão presentes a produção nivelada (*Heijunka*), processos *standard*, gestão visual e a filosofia *Toyota*, necessários à estabilidade dos processos. Por sua vez, o *Jidoka* e o *Just-in-Time* são os pilares deste sistema, essenciais para a concretização dos objetivos. No interior da casa, encontram-se representadas as pessoas, a melhoria contínua (*Kaizen*) e a redução de desperdícios. Finalmente, no telhado da casa, está esquematizado o resultado final, mais concretamente um produto ou serviço de elevada qualidade, com o menor custo e que corresponda às necessidades do cliente. Todos estes conceitos irão ser abordados mais à frente.

2.3 Princípios do *Lean*

Baseado no *Toyota Production System*, o pensamento *Lean* é uma filosofia de gestão e liderança que tem por objetivo a sistemática eliminação do desperdício e a criação de valor (Pinto 2009).

O termo *Lean Production* foi popularizado por Daniel Jones e James Womack no livro “*Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*” (1996). Neste livro inovador, os autores revisitaram os métodos e processos que levaram a *Toyota* e outras organizações a um desempenho superior e descreveram os cinco princípios da filosofia *Lean*, os quais se apresentam na Figura 3 (Eaton 2013).

Figura 3 - Princípios do *Lean* (Eaton 2013).

Segundo Womack e Jones (2003) estes princípios são descritos da seguinte forma:

- Criação de valor: este é o ponto de partida da filosofia *Lean*. O valor é definido não pela empresa, mas pelo cliente e expressa-se em relação a um produto ou serviço que vai de encontro às necessidades deste. A sua criação está a cargo do produtor;
- Identificação da cadeia de valor: trata-se de um conjunto de passos necessários de modo a levar uma ideia de um produto até ao cliente final. Envolve três etapas: o design e conceção do produto até à sua industrialização, o fluxo de informação desde a colocação da encomenda por parte de um cliente até à sua expedição e o fluxo de materiais desde as matérias primas até ao produto final nas mãos do cliente. Aquando da realização de cada uma destas, devem-se separar os processos em três tipos, designadamente, aqueles que criam valor, aqueles que não criam valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não criam valor, devendo, por isso, ser eliminados;
- Criação de um fluxo contínuo: esta necessidade surge após a identificação do conceito de valor e da respetiva cadeia, e depois da eliminação dos processos que não geram valor. Para tal é essencial uma mudança de processos, no sentido de permitir que a movimentação de peças seja feita unitariamente e não em grandes lotes, reduzindo-se o tempo de processos e, consequentemente, aumentando a eficiência;
- Implementação de um sistema *Pull*: segundo este princípio, apenas se produz o que a procura pede, não havendo excesso de produção. Desta forma, é possível diminuir tempos e *stocks*. Esta situação inverte o fluxo produtivo, deixando de ser as empresas que “empurram” os produtos para o cliente, mas sim este que “puxa” a produção, atribuindo-se assim valor ao produto. Deste modo, passa-se de um modelo *Push* tradicional para um modelo *Pull*;
- Busca da perfeição: é necessária a criação de uma cultura de melhoria contínua, na qual haja transparência nos processos e entre todas as entidades presentes na cadeia de valor, para que o conceito de valor e os desperdícios sejam identificados facilmente.

2.4 *Muda, mura e muri*

A *Toyota* desenvolveu o seu sistema de produção com base nos três tipos de atividade que contribuem para um mau desempenho e fraca produtividade: *muda* (desperdício), *mura* (desigualdade) e *muri* (sobrecarga) (Eaton 2013); (Jayswal, Chauhan, and Sen 2017).

- *Muda*: refere-se ao desperdício, ou seja, qualquer atividade que não acrescente valor a um produto. Todas estas atividades aumentam os custos organizacionais e os tempos de entrega, assim como o risco da ocorrência de erros. Existem dois tipos de *muda*: o primeiro é considerado necessário e inclui atividades como a manutenção ou a formação, o segundo é aquele que não acrescenta valor e, por isso, é considerado desperdício genuíno;
- *Mura*: são atividades que criam variabilidade num processo, como por exemplo, constantes roturas de *stock* num determinado processo. Estas atividades são causadoras de problemas que implicam, muitas vezes, a interrupção de sequências de produção;
- *Muri*: significa sobrecarga e está associado a atividades nas quais os operadores ou máquinas são utilizados acima da sua total eficiência, estando estes sobrecarregados. Para ultrapassar este problema, é necessário reduzir a carga de trabalho dos operadores, através da eliminação da *muda*, e implementar medidas de manutenção preventiva e autónoma nas máquinas e equipamentos.

2.5 Identificação dos desperdícios

O objetivo principal do *Toyota Production System* e, por sua vez, da filosofia *Lean* é a eliminação dos desperdícios ou *muda*, no sentido de melhorar a qualidade, produtividade e segurança. Uma grande parte destes desperdícios pode ser detetada através da observação e acompanhamento de trabalhadores, equipamentos e materiais na linha de produção. Em todo o caso, é importante localiza-los e elimina-los (Art of Lean 2016).

Segundo Ohno (1988), existem 7 tipos de desperdícios presentes numa organização, descritos de seguida e representados na Figura 4.

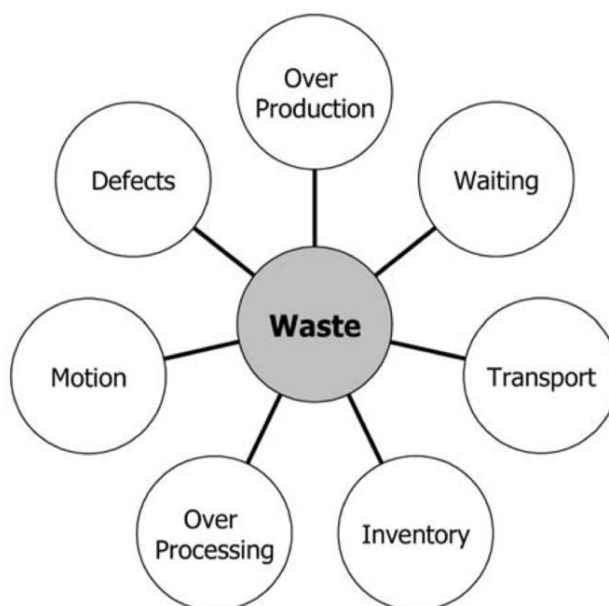


Figura 4 - Os 7 tipos de desperdícios (Melton 2005).

1. Excesso de produção (*Overproduction*): significa produzir mais do que aquilo que o cliente pede, ou seja, produção superior à procura. Origina a ocupação indevida de máquinas e espaço, maiores consumos de matérias-primas e recursos humanos e custos adicionais;
2. Tempo de espera (*Waiting*): ocorre quando os operadores estão parados por falta de material, informação, equipamento ou ferramentas. Este tempo que não é usado de forma eficiente é um desperdício;
3. Transporte (*Transport*): como o transporte não acrescenta valor ao produto, é considerado um desperdício e, por isso, é necessário reduzi-lo ao máximo. A sua origem está relacionada com um *layout* ou processos não adequados;
4. Inventário (*Inventory*): está relacionado com a produção em excesso e causa vários problemas, tais como elevados custos de armazenamento. Quando se encontram parados, tanto a matéria-prima como os produtos em curso e acabados, não acrescentam valor, sendo que ocupam espaço e gastam recursos humanos e transporte para a sua manutenção;
5. Excesso de processamento (*Overprocessing*): trabalhar mais do que é necessário é uma das formas mais óbvias de desperdício. Tal acontece devido à utilização de tecnologias ou ferramentas desadequadas e de etapas complexas e desnecessárias no processo produtivo, as quais levam ao aparecimento de defeitos e implicam que sejam feitas inspeções ou reparações;
6. Movimentação (*Motion*): resulta de um mau fluxo de trabalho, de uma pouca organização no local de trabalho, de métodos inconsistentes de trabalho ou da

indisponibilidade de materiais, que causam movimentações desnecessárias dos operadores;

7. Defeitos (*Defects*): ocorrem quando são produzidos produtos que não atendem às especificações do cliente e provocam desperdícios de material, equipamentos e recursos humanos. Causam também a interrupção do trabalho e o retrabalho de peças defeituosas. Assim, o objetivo é melhorar o controlo de qualidade, no sentido de se cumprir o processo corretamente em vez de controlar os resultados.

Womack e Jones (2003) identificaram um oitavo tipo de desperdício que caracterizaram de potencial humano não utilizado. Este caracteriza-se por uma subutilização mental, física e criativa de competências e capacidades e é causado por uma fraca cultura organizacional, procedimentos de contratação inadequados, fraca rentabilização dos funcionários e pouca ou nenhuma formação.

Em termos gerais, é importante ter uma noção clara do que são desperdícios, que ocorrem quando o processo consome mais recursos do que aqueles que são necessários para atender às necessidades do cliente. Assim, é essencial criar ferramentas que contribuam para a identificação destes desperdícios e garantir que tudo o que se faça ao longo do processo crie valor (Liker 2003).

2.6 Ferramentas *Lean*

No sentido de implementar eficazmente a filosofia *Lean*, foram desenvolvidas várias ferramentas que permitem às organizações melhorar a sua produtividade e acrescentar valor aos seus produtos. A maior parte destas técnicas surgiram do *Toyota Production System*, enquanto outras foram desenvolvidas, entretanto. Apresentam-se de seguida algumas destas ferramentas.

2.6.1 *Just-In-Time* (JIT)

O *Just-In-Time* (JIT) é um dos pilares do *Toyota Production System* e um conceito que assume extrema importância na aplicação da filosofia *Lean*. Quando aplicado a um processo industrial, consiste em produzir apenas o que é necessário, nas quantidades necessárias e ao menor custo possível. Tal é conseguido através da minimização de inventários, da sincronização de processos e de uma produção com um fluxo contínuo, minimizando deste modo o *work in progress* (WIP) – material que já entrou no processo produtivo, mas que ainda não é considerado um produto acabado (Shingo 1985).

Este sistema permite a produção de produtos em pequenas quantidades e possibilita que estes sejam entregues aos clientes com prazos de entrega reduzidos, permitindo desta forma responder rapidamente à procura e eliminar desperdícios e atividades que não acrescentam valor (Liker 2003). Por outro lado, sobressaem alguns problemas na produção, mais especificamente as paragens de equipamentos e o aparecimento de peças defeituosas, que anteriormente eram ocultados pelos elevados níveis de inventário (Imai 2012).

Segundo esta filosofia, o tamanho de lote é idealmente de uma unidade e os tempos de *setup* são menores. Neste sentido, é possível alcançar uma maior flexibilidade na produção, para produzir o que é necessário, quando necessário sem atrasos nos prazos de entrega (Imai 2012).

Associado ao JIT estão os conceitos de sistema de produção *Pull*, referido anteriormente e aprofundado mais à frente, e *Takt Time*. Este último consiste em estabelecer um ritmo ao sistema de produção, sendo calculado pela divisão do tempo disponível para produção pela procura do cliente (Imai 2012).

2.6.2 Jidoka

O segundo pilar do TPS é o conceito de *Jidoka*, que significa “automação com um toque humano” e o qual está relacionado com a deteção e prevenção de problemas. Segundo esta ideia, a máquina e o operador são dotados de autonomia para parar o processo produtivo se neste for detetado um problema (Liker and Meier 2005).

Segundo Eaton (2013) existem quatro etapas base que surgem como linha orientadora deste conceito:

- Deteção de um problema;
- Paragem do processo produtivo;
- Reparação do problema;
- Investigação da causa do problema e instalação de uma medida corretiva.

O objetivo passa por manter todos os processos produtivos em funcionamento o maior tempo possível e contornar os problemas o mais rapidamente possível. Assim, acredita-se que a eficiência irá melhorar caso a raiz dos problemas seja eliminada e que o investimento na resolução destes é, por sua vez, um investimento valioso. Para tal, é importante que seja dada liberdade aos colaboradores, no sentido de interromperem um processo caso seja necessário. Por outro lado, é requerida a instalação de *Andons* – sistemas auditivos ou visuais de controlo que alertam para um problema no processo produtivo e que impedem a propagação de defeitos ao longo deste (Eaton 2013).

2.6.3 Heijunka

Heijunka é uma palavra de origem japonesa que significa estabilizar ou nivelar. Trata-se de um conceito fundamental do *Lean* e, neste contexto, significa produção nivelada. O objetivo passa por produzir diariamente uma grande variedade de produtos, no sentido de reduzir as irregularidades na procura destes e na produção. Desta forma, aumenta-se a estabilidade e a flexibilidade da produção, assim como a capacidade de resposta à variação da procura do mercado (Liker and Meier 2005).

Quando a procura varia constantemente, surgem diversas dificuldades na gestão dos recursos necessários à produção. Se esta variação for muito grande, há a necessidade de armazenar grandes quantidades de inventário, existindo também limitações na capacidade dos equipamentos e recursos humanos requeridos (Liker and Meier 2005).

Assim, a finalidade desta técnica é balancear a produção com base apenas na procura e a maneira mais eficiente de organizar os equipamentos e recursos necessários à produção. Caso este balanço não se verifique, as organizações podem incorrer em custos adicionais ou até não serem capazes de responder à procura do mercado (Eaton 2013).

2.6.4 Kaizen

A palavra *Kaizen* é de origem japonesa e significa “mudar para melhor”. Surgiu há mais de 60 anos no ambiente da *Toyota* e é conhecida como uma filosofia de melhoria contínua que envolve todos os colaboradores, em todas as áreas e todos os dias, tratando-se de um processo de mudança cultural assente em princípios fundamentais universais (Coimbra 2013).

Apesar das melhorias *Kaizen* serem pequenas e incrementais, apresentam resultados positivos ao longo do tempo. Para além disso, envolvem um processo simples e subtil, que não incorre em custos e riscos elevados (Imai 2012).

Segundo Imai (2012), a filosofia *Kaizen* assenta em seis conceitos básicos:

Gestão – No contexto *Kaizen* a gestão tem duas grandes funções: manutenção e melhoria. A manutenção refere-se à verificação da tecnologia usada na organização e das normas operacionais e sua implementação através da formação e disciplina dos trabalhadores (Imai 2012).

Processos vs. Resultados – A filosofia *Kaizen* promove um pensamento orientado aos processos, pois estes precisam de ser melhorados para que os resultados sejam também melhores. Para tal, a gestão deve ser capaz de identificar e corrigir os erros nos processos e estimular as pessoas a introduzir melhorias nestes (Imai 2012).

Ciclos PDCA (Plan-Do-Check-Act) e SDCA (Standardize-Do-Check-Act) – O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) foi criado pelo especialista em estatística *Walter Shewart* e aperfeiçoado por *Deming Wheel*, que o introduziu no Japão, ficando este método mais tarde conhecido como ciclo de *Deming* (Silva, Medeiros, and Vieira 2017).

O primeiro passo no processo *Kaizen* é o ciclo PDCA, que assume um papel de relevo no processo, pois assegura a manutenção e melhoria das organizações. Este contém quatro termos, descritos de seguida, e encontra-se representado na Figura 5 (Imai 2012).

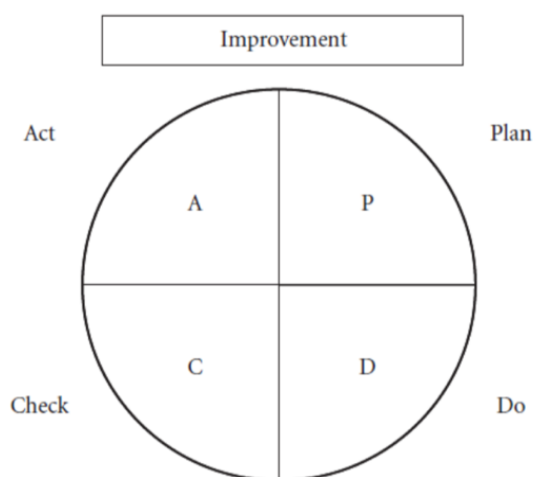


Figura 5 - Ciclo PDCA (Imai 2012).

- *Plan* (Planear): refere-se ao estabelecimento de um objetivo de melhoria e das ações necessárias para o conseguir;
- *Do* (Executar): é a implementação do plano delineado na etapa anterior;
- *Check* (Verificar): serve para verificar se o plano foi corretamente implementado e se os resultados obtidos foram os esperados;
- *Act* (Agir): realização de novos procedimentos e sua uniformização, no sentido de prevenir o aparecimento dos problemas identificados inicialmente e de estabelecer novas metas para o futuro.

Este conceito significa nunca estar satisfeito com a situação atual e procurar continuamente a melhoria, algo que não acontece frequentemente com os trabalhadores de uma organização, que muitas vezes não têm novas iniciativas. Assim, é importante que a gestão estabeleça constantemente novos desafios (Imai 2012). O autodesenvolvimento e qualificação devem ser apoiados por rotinas de resolução de problemas padronizadas, que visam o uso sistemático e ritualizado do PDCA (Dombrowski and Mielke 2014).

Cada processo produtivo deve ser estabilizado e normalizado, através do ciclo SDCA (*Standardize-Do-Check-Act*). Neste verifica-se se as normas são adequadas, se estão a ser cumpridas ou se é necessária a criação de novas (Imai 2012).

Resumindo, enquanto que o ciclo SDCA se refere à manutenção de processos, o ciclo PDCA incide na melhoria dos mesmos (Imai 2012).

Qualidade em primeiro – A qualidade do produto deve ser sempre a prioridade de uma organização, pois mesmo que este possua um preço atrativo e um prazo de entrega excelente, se a qualidade não for a desejada, ele não é competitivo (Imai 2012).

Possuir dados factuais – Para um problema ser corretamente compreendido e resolvido é necessário recolher e analisar dados relevantes. A resolução de problemas sem quaisquer dados que o representem não é correta nem objetiva (Imai 2012).

O próximo processo é o cliente – Todo o trabalho se desenvolve segundo uma série de processos, e cada processo tem o seu fornecedor e cliente. Segundo esta ideia, o processo seguinte deve ser sempre considerado como o cliente, ou seja, cada trabalhador deve comprometer-se a não entregar partes defeituosas ou informação imprecisa à etapa seguinte. A implementação deste pensamento resulta na obtenção de produtos de elevada qualidade para o cliente (Imai 2012).

2.6.5 5S's

Os 5S's são uma metodologia japonesa utilizada para manter e melhorar a organização do posto de trabalho. Tal como o nome indica, é uma técnica composta por cinco passos, que tem como objetivo a alteração de mentalidades de todos os envolvidos numa organização com vista à melhoria contínua. Para muitos esta metodologia pode parecer uma abordagem apenas centrada na limpeza, no entanto é de realçar que oferece muito mais do que isso.

São vários os benefícios associados à implementação deste método, entre os quais se destacam: a organização do local de trabalho; o aumento da eficiência e produtividade dos trabalhadores; a redução dos tempos de entrega e resposta ao cliente e a identificação e eliminação de desperdícios (Sarkar 2006).

A denominação 5S's tem origem em cinco palavras da doutrina japonesa, que começam pela letra "S" (Hirano 1995):

- *Seiri* (Triagem): esta é a primeira etapa para a implementação desta metodologia, na qual se procede à triagem dos itens presentes no posto de trabalho. Nesta faz-se uma distinção entre os itens necessários e os desnecessários e procede-se à remoção destes últimos;
- *Seiton* (Ordenação): após a eliminação dos itens desnecessários, é essencial a clarificação e organização daqueles que permaneceram no posto de trabalho. Nesta etapa identifica-se cada um dos itens e define-se um local apropriado para cada um destes, com base na frequência de utilização;
- *Seiso* (Limpeza): de seguida, procede-se à limpeza do local de trabalho, a qual assume extrema importância no ambiente, qualidade e segurança do ambiente de trabalho;
- *Seiketsu* (Normalização): para assegurar o cumprimento dos 3S's anteriores, definem-se normas e criam-se procedimentos que explicam como devem ser realizadas as tarefas e quais as regras a cumprir;
- *Shitsuke* (Disciplina): por fim, é importante fazer com que esta metodologia seja um hábito na rotina dos trabalhadores. Para tal, é desenvolvida a autodisciplina das pessoas e é-lhes inculcido um espírito de melhoria contínua.

2.6.6 Standardized Work

Trata-se de uma das ferramentas base da filosofia *Lean* e consiste na normalização dos processos, mais concretamente no estabelecimento dos melhores métodos e sequências de operações para cada um destes (Productivity Press Development Team 2002).

Este conceito permite alcançar uma maior fluidez na produção e uma redução da variabilidade em cada processo, sendo assim possível eliminar desperdícios e aumentar o desempenho e eficiência (Productivity Press Development Team 2002).

O *Standardized Work* envolve três elementos fundamentais (Dennis 2016):

- *Takt Time*: tal como referido anteriormente, este tempo dá-nos a frequência da procura, ou seja, a frequência necessária de produção. Este tempo permite a deteção de anomalias e respetiva correção;
- Sequência de trabalho: define a ordem pela qual as operações são realizadas num determinado processo. Esta sequência consiste na melhor maneira de realizar um certo trabalho, pela ordem mais adequada;
- Quantidade *standard* de *work-in-process*: é a quantidade mínima de inventário necessária para manter um fluxo contínuo na produção sem paragens por falta de material.

Segundo Liker e Meier (2005), existem diferentes tipos de *standards*: *Work Standards* (*standards* de qualidade, segurança e ambientais), *Standard Procedures* (regras de produção, como por exemplo, *standard* WIP) e *Standard Specifications* (especificações técnicas de um processo), que sustentam a casa do *Standardized Work*, representada na Figura 6.

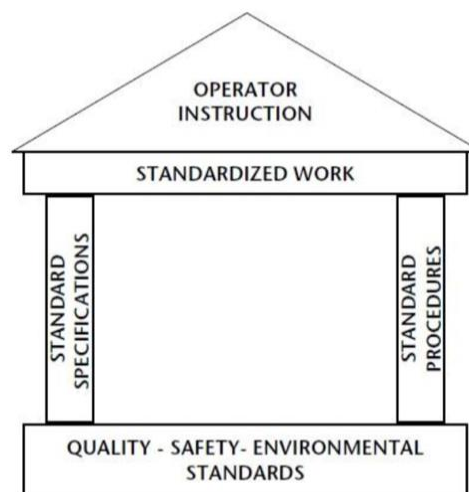


Figura 6 - Casa do *Standardized Work* (Liker and Meier 2005).

A utilização desta ferramenta apresenta diversos benefícios, tais como: o estabelecimento de um ponto de referência a partir do qual é possível melhorar; o controlo de processos; a melhoria da qualidade e flexibilidade; o aumento da estabilidade e a deteção de anomalias (Pereira et al. 2016).

2.6.7 Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta que facilita a comunicação e interpretação de informação e pode definir-se como sendo a colocação à vista de todas as ferramentas, materiais, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção, de modo a que o estado atual do sistema seja entendido por todos os que estão envolvidos no processo produtivo (Eaidgah et al. 2016).

A gestão visual deve ser simples e promover uma troca fácil de informação, através de imagens, gráficos, esquemas ou sistemas de cores que permitam identificar desvios ou situações fora da normalidade (Imai 2012).

A utilização desta ferramenta apresenta inúmeras vantagens, nomeadamente a fácil deteção de erros, a redução do tempo perdido à procura de materiais e informação e a diminuição do risco de acidentes, eliminando-se assim desperdícios e aumentando-se a produtividade (Eaton 2013).

2.6.8 Value Stream Mapping (VSM)

O *Value Stream Mapping* (VSM), em português Mapeamento da Cadeia de Valor, é uma ferramenta através da qual é possível representar a cadeia de valor de um produto, permitindo ter uma visão global de todos os processos desde a matéria-prima até o produto ser entregue ao cliente. Neste mapa são representadas todas as etapas do processo produtivo, tanto as que acrescentam valor com as que não o fazem. Para além disso, é também planificado o fluxo de materiais e informação (Rother and Shook 2003).

Segundo Rother e Shook (2003), esta é uma ferramenta essencial e de extrema importância pelas seguintes razões:

- Permite a visualização do fluxo e não apenas de um processo único;
- Ajuda a identificar os desperdícios e as suas fontes;
- Fornece uma linguagem comum a todos os processos produtivos;
- Liga muitos dos conceitos e ferramentas *Lean*;
- Fornece a base para a implementação de um plano *Lean*, ajudando a projetar como todo o fluxo deve operar;
- Apresenta a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- Permite descrever de forma detalhada a forma como uma fábrica deve funcionar para criar um fluxo contínuo.

A criação de um mapa de fluxo de valor compreende quatro etapas, representadas na Figura 7 (Rother and Shook 2003).

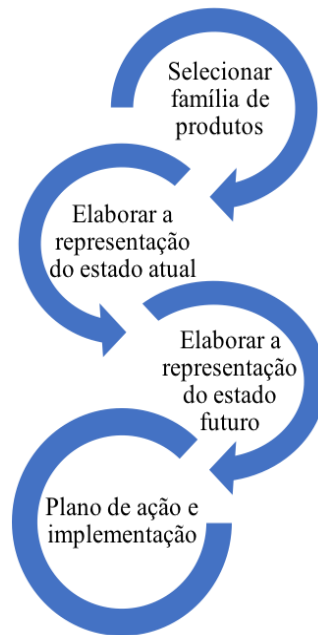


Figura 7 – Etapas necessárias para a criação de um mapa de fluxo de valor (Rother and Shook 2003).

O primeiro passo consiste na seleção de um produto ou família de produtos para a qual é realizado o mapeamento de processos. Dentro de uma família de produtos, os processos e equipamentos necessários são semelhantes (Rother and Shook 2003).

De seguida, procede-se à identificação do estado atual do processo produtivo, através da recolha de informação, e prossegue-se para a identificação de etapas que não acrescentam valor, ou seja, que são fontes de desperdício, assim como de processos a melhorar (Rother and Shook 2003).

Após a realização do mapa do estado atual, analisam-se as possíveis ações de melhoria e implementam-se ferramentas *Lean* com o objetivo de reduzir os desperdícios. Desta forma, obtém-se o mapa do estado futuro, o qual se trata de um estado que se pretende alcançar após a implementação das melhorias no estado atual (Rother and Shook 2003).

Este processo é cíclico, promovendo a melhoria contínua na cadeia de valor do produto. Assim, uma vez implementado o mapa do estado futuro, deve ser traçado um novo mapa que visa a melhoria do anterior (Rother and Shook 2003).

2.6.9 Poka-Yoke

Poka-Yoke é um mecanismo à prova de falhas cujo objetivo é detetar erros e impedir a realização errada de uma operação, por forma a reduzir o número de peças defeituosas (Jayswal, Chauhan, and Sen 2017). Tal pode ocorrer de duas formas diferentes, através de um método de controlo ou de um método de aviso. No primeiro, quando o *Poka-Yoke* é ativado, a máquina para de forma a que o problema possa ser corrigido, no segundo, os trabalhadores são alertados através de um sinal luminoso ou sonoro (Shingo 1986).

Segundo Shingo (1986) existem três tipos diferentes de sistemas *Poka-Yoke*:

- Métodos de contacto: detetam anomalias na forma ou dimensão do produto;
- Métodos de valor fixo: asseguram que um número específico de movimentos foi realizado durante uma operação através de um sistema de contagem automática de movimentos realizados;
- Métodos de etapas: garantem que todas as etapas de um processo, que possua um procedimento padrão definido, são cumpridas e que a sua sequência não é alterada.

2.7 Fluxo na Logística Interna

A logística interna numa organização inclui todo o movimento de cargas de materiais dentro das instalações da fábrica, assim como todo o fluxo de informação relativo ao tratamento das encomendas e ordens de fabrico (Baudin 2005).

Segundo o pensamento *Lean*, os objetivos da logística numa dada empresa são os seguintes (Baudin 2005):

- Abastecimento dos materiais necessários, quando necessários, na quantidade requerida, e convenientemente apresentados;
- Sem diminuir a qualidade do serviço de abastecimento, deve-se procurar a eliminação do desperdício no processo logístico.

O grande objetivo é trabalhar de acordo com a procura do mercado com a melhor qualidade e ao menor custo. Deste modo, é essencial integrar a logística com a produção, no sentido de se obter um processo sincronizado (Coimbra 2013).

De acordo com Coimbra (2013), o fluxo na logística interna assenta nos seguintes conceitos:

- Supermercados: permitem a localização de inventário perto dos processos a abastecer, possibilitando uma melhor organização e um *picking* mais fácil;
- *Mizusumashi*: realiza o transporte de bens entre postos de trabalho de forma eficiente;
- Sincronização: simplifica os processos de iniciação de produção, seleção, transporte e entrega dos materiais necessários;
- Nivelamento: planeia o processo produtivo de forma eficaz, como já foi abordado anteriormente;
- Planeamento *Pull*: estabelece a capacidade de produção e calcula as necessidades do cliente.

2.7.1 Logística tradicional vs. Logística *Lean*

A logística tradicional é baseada na otimização logística sem preocupação com as necessidades da produção e respetiva eficiência, ou seja, há pouco cuidado em manter um fluxo contínuo na produção, sendo o resultado disto, a existência de inúmeros desperdícios. A organização tradicional da logística é baseada nos seguintes princípios (Coimbra 2013):

- Minimização do transporte interno, que resulta no abastecimento das linhas de produção em grandes quantidades;
- Minimização da área de armazenamento de materiais recebidos e inventário;
- Utilização de empilhadores para o transporte de paletes;
- Minimização do trabalho de embalamento ou desembalamento, deixando-o a cargo das linhas de produção;
- Planeamento de grandes ordens de produção para minimizar tempos de troca de ferramentas e aumentar a eficiência.

Por outro lado, a logística *Lean* tem como objetivo a integração da produção com a logística, tal como referido anteriormente. A sua organização baseia-se em princípios diferentes e inovadores (Coimbra 2013):

- Abastecimento das linhas de produção nas quantidades certas, necessárias para aumentar a eficiência e flexibilidade das primeiras;

- Organização das áreas de *picking*, de modo a que estas contenham as quantidades adequadas de materiais e inventário;
- Utilização do meio de transporte mais adequado para o abastecimento de bens segundo rotas estabelecidas e ciclos temporais pré-definidos;
- Fornecimento do material às linhas de produção na devida forma e apresentação, sem necessidades de embalagem ou desembalamento;
- Planeamento e nivelamento da produção para que todo o processo seja simples e fluido.

2.7.2 Supermercados

Os supermercados são um local de armazenamento intermédio no qual os materiais são guardados perto do ponto de utilização, facilitando-se assim o seu *picking*. Estes são constituídos por localizações fixas para cada material, permitindo uma fácil gestão visual e as suas quantidades são frequentemente repostas com base na procura do cliente (Coimbra 2013).

O responsável pelo abastecimento das linhas (*Mizusumashi*) dirige-se ao supermercado e retira os materiais de que necessita, transportando-os depois para os postos de trabalho. Para tal é necessário que o acesso aos materiais seja fácil e o seu manuseamento simples (Coimbra 2013).

2.7.3 *Mizusumashi*

O *mizusumashi* é um operador logístico que faz o transporte interno de materiais, segundo uma rota pré-definida e num ciclo de tempo fixo, tratando-se de um elemento fundamental na criação de um fluxo na logística interna de uma organização. Este movimenta toda a informação relativa à produção (no caso em que se utiliza o sistema *kanban*) e todos os materiais dentro da fábrica (Coimbra 2013).

Durante o ciclo de trabalho, ele movimenta lotes de materiais entre armazéns, supermercados e bordos de linha e para nos diferentes postos de trabalho em locais pré-estabelecidos e identifica as necessidades de material (Coimbra 2013).

O *mizusumashi* utiliza um comboio logístico como meio de transporte, um veículo motorizado com capacidade para puxar vários carrinhos com material pela fábrica (Coimbra 2013).

Este conceito pode também ser chamado de *Milk Run*, embora este termo se aplique mais corretamente à logística externa de uma organização (Coimbra 2013).

O comboio logístico distingue-se do abastecimento tradicional com empilhadores, como se pode ver na Figura 8. Este último não apresenta uma rota, nem um tempo de ciclo fixos, operando de acordo com as ordens e encomendas que recebe por parte dos trabalhadores ou supervisores de setor. Deste modo, não há controlo da sua capacidade, podendo em algumas alturas estar sobrecarregado de pedidos e noutras não ter nenhum transporte para realizar. Para além disso, a sua capacidade é limitada, pois só consegue transportar uma paleta de cada vez, tendo, por isso, que fazer mais movimentos de ida e volta. Em termos de segurança, não é tão seguro como o comboio, uma vez que é mais instável, podendo deixar cair peças (Coimbra 2013).

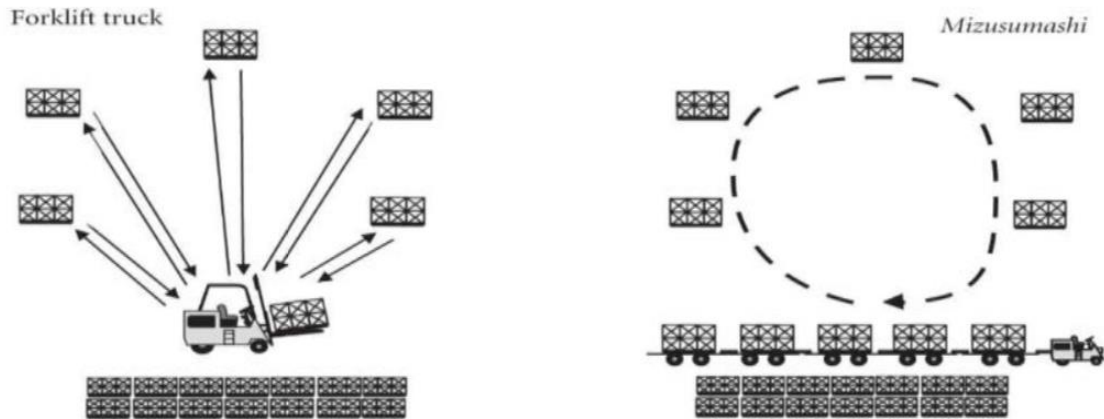


Figura 8 - Comparação entre a utilização de empilhadores e comboios logísticos (Coimbra 2013).

De seguida, apresentam-se algumas das vantagens da utilização do comboio logístico (Brar and Saini 2011); (Alves de Moura and Botter 2002):

- Redução de custos de transporte devido à sua consolidação, através de rotas pré-definidas;
- Otimização do *picking* e abastecimento das linhas de produção, eliminando-se tempos desnecessários;
- Redução do nível de *stock* do processo, em função das exigências dos processos subsequentes;
- Normalização dos ciclos de abastecimento e fornecimento dos materiais necessários, nas devidas quantidades e quando necessários;
- Minimização dos danos de material no transporte, através do uso de carruagens próprias e colaboradores com a devida formação.

Para a implementação do comboio logístico, é necessário ter em conta um conjunto de requisitos por forma a assegurar o sucesso desta filosofia, tais como (Alves de Moura and Botter 2002):

- Cumprir os tempos estipulados para cada ciclo para que não haja paragens por falta de material, assim como as rotas definidas;
- Colocar os materiais a transportar nos locais pré-estabelecidos para que o operador do comboio logístico não tenha que realizar movimentações desnecessárias;
- Assegurar que as especificações de qualidade estipuladas são cumpridas pelos processos precedentes para que não seja necessária a realização de retrabalho.

Segundo Coimbra (2013), devem seguir-se os seguintes passos na definição da rota de fornecimento de material:

1. Fazer uma lista de todas as tarefas que serão atribuídas ao *mizusumashi*;
2. Fazer uma estimativa do tempo de realização de cada tarefa;
3. Desenhar uma rota circular no *layout* da fábrica;
4. Identificar as paragens e os pontos de entrega dos materiais;
5. Adquirir um comboio apropriado;

6. Testar o comboio e medir tempos;
7. Identificar o trabalho e tempos padrão para as tarefas que se executam durante o percurso;
8. Escolher o melhor operador para desempenhar a tarefa;
9. Implementar o comboio por um período de teste e identificar e eliminar desperdícios;
10. Construir a instrução de trabalho final;
11. Treinar o operador até que as instruções *standard* se tornem um hábito.

Ao longo deste trabalho, irá usar-se o termo “operador logístico” em detrimento de “mizusumashi” para maior facilidade na escrita e leitura do documento.

2.7.4 Sincronização (*Kanban*)

A sincronização é uma metodologia de comunicação e gestão da informação relacionada com ordens de produção que pode ser conseguida através da utilização do sistema *kanban* (Coimbra 2013).

Segundo Ohno (1988), o *kanban* é uma ferramenta fundamental para a prática do TPS, pois controla a informação e regula o transporte de materiais entre processos produtivos. Através da sua utilização, o desperdício da sobreprodução é eliminado e não há necessidade de armazenamento de inventário extra.

O *kanban* é um cartão ou sinal que dá indicação para a produção ou transporte de material, sendo que pode também conter informações acerca do material, do cliente e fornecedor (internos ou externos) e da quantidade a fornecer (Dennis 2016).

Neste sistema existem dois tipos de *kanban*: o de produção e o de transporte. O primeiro indica a produção de determinada quantidade de um produto. O segundo tem como objetivo a movimentação de materiais entre locais de armazenamento e postos de trabalho, indicando a referência do produto, a quantidade e o local de destino (Dennis 2016).

Para além das vantagens já referidas anteriormente, este sistema permite regular e melhorar o fluxo de materiais na produção, proporciona um fácil controlo visual, oferece um maior controlo aos trabalhadores, melhora a resposta à procura do mercado e minimiza o risco de obsolescência de inventário (Gross and McInnis 2003).

O número de *kanbans* pode ser calculado através da equação 2.1 criada pela *Toyota* e utilizada na empresa japonesa (Kumar and Panneerselvam 2007):

$$K \geq \frac{DL(1 + \alpha)}{C} \quad (2.1)$$

Onde:

K é o número de *kanbans*;

D é a procura por unidade de tempo;

C é a capacidade do contentor;

L é o *lead-time* e inclui o tempo de espera, produção, transporte e recolha de *kanbans*;

α é o fator de segurança cujo valor é decidido por cada empresa e que representa as variações que possam ocorrer na procura e no fornecimento de matéria-prima;

2.7.5 Planeamento *Pull*

Nos sistemas de produção convencionais, todas as partes produzidas por um processo, tal como definido pelas ordens de produção, são entregues nos processos seguintes, mesmo que ainda não sejam necessárias nestes. Este método pode ser bom se todas as peças puderem ser

produzidas no horizonte temporal disponível, no entanto, se ocorrer algum problema e uma das linhas de produção parar, todos os processos diretamente relacionados irão igualmente ser afetados. A este sistema dá-se o nome de *Push* (Art of Lean 2016).

O sistema *Push* não considera a procura real e apenas se baseia em previsões, sendo o material “empurrado” para os processos subsequentes ao longo da cadeia produtiva independentemente das necessidades (Bonney et al. 1999).

Por sua vez, no sistema de produção *Pull*, a produção inicia-se quando é recebida uma encomenda de um cliente, ou seja, quando existe uma procura real do mercado. Deste modo, a produção é “puxada” ao longo do processo produtivo, tendo-se sempre em consideração as necessidades (Bonney et al. 1999).

O sistema *Pull* elimina o desperdício da sobreprodução e, conseqüentemente, as grandes quantidades de *stock* acumuladas, causadas pelo sistema *Push*. Para além disso, devido à diminuição de *stocks* e natural redução de custos, é possível responder mais eficazmente às necessidades do mercado e aumentar a qualidade dos produtos. Na Figura 9, é possível ver a comparação entre o funcionamento de ambos os sistemas referidos, *Pull* e *Push*, respetivamente. (Bonney et al. 1999).

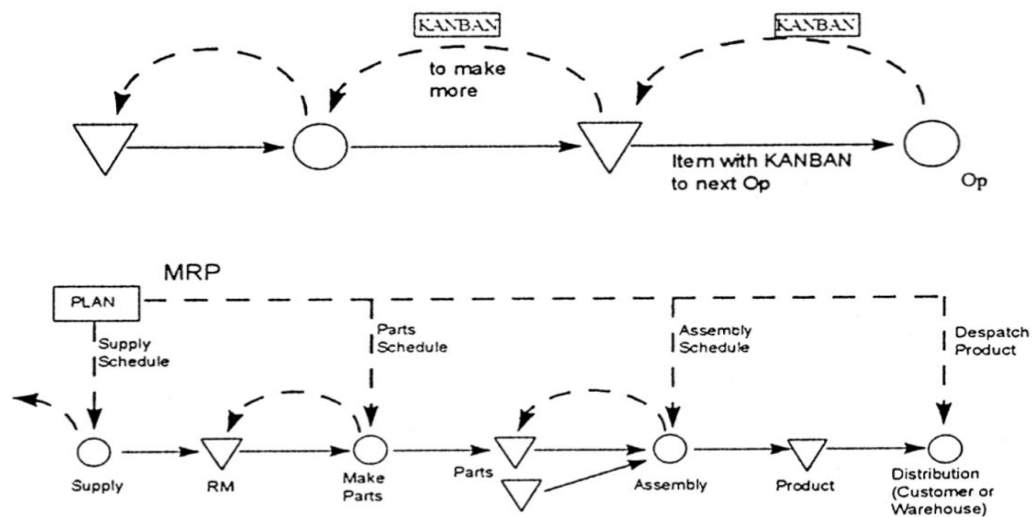


Figura 9 - Comparação do funcionamento dos sistemas *Pull* e *Push* (Bonney et al. 1999).

2.8 Bordos de Linha

Os bordos de linha são definidos como o local onde o comboio logístico deposita os materiais e componentes a serem utilizados nas linhas de produção, constituindo assim uma interface entre a produção e a logística interna (Coimbra 2013).

Segundo Coimbra (2013), os bordos de linha devem ser dimensionados de acordo com os seguintes critérios:

- Os materiais devem estar localizados de forma a minimizar os movimentos de *picking* dos operadores da produção e dos operadores logísticos;
- O tempo necessário para trocar de materiais a produzir deve ser próximo de zero;
- A decisão de abastecer ou não o bordo de linha deve ser intuitiva e instantânea.

Assim, para estes critérios serem cumpridos, é essencial que tanto a localização dos materiais como o tipo de contentores utilizados sejam cuidadosamente dimensionados, de forma a que os bordos de linha estejam alinhados com a logística interna.

2.9 Engenharia de métodos

Segundo Niebel (1962), a engenharia de métodos pode ser definida como o procedimento sistemático utilizado para submeter todas as operações diretas e indiretas a um exame minucioso, no sentido de introduzir melhorias que permitam facilitar o trabalho, nomeadamente que este seja realizado em menos tempo e com menos investimento.

A engenharia de métodos inclui projetar, criar e selecionar os melhores métodos de produção, processos, ferramentas, equipamentos e capacidades para produzir um produto com base nas especificações desenvolvidas inicialmente. O procedimento geral inicia-se com a definição do problema e é seguida da separação do trabalho em operações, da análise de cada uma destas, da aplicação de tempos adequados e, por fim, da garantia que o método seja implementado (Freivalds and Niebel 2013).

2.10 Medição do trabalho

Atualmente, a maioria das empresas tem como grande objetivo a melhoria da eficiência através de uma avaliação contínua do desempenho do trabalho. Tal é alcançado com base em técnicas de medição do trabalho, cujo objetivo é obter uma cobertura total deste de forma económica e com um grau de detalhe proporcional aos objetivos do programa de medição. Para tal, utiliza-se um conjunto de técnicas, cada uma selecionada para cobrir uma parte apropriada do trabalho. Estas são baseadas na experiência e na prática em ambientes de produção (Baines 1995).

Todos os sistemas de medição de trabalho são baseados no mesmo procedimento: análise, medição de dados e síntese, sendo que cada uma destas etapas pode ser mais ou menos aprofundada. Antes da medição começar, o trabalho a ser medido é analisado e dividido em partes convenientes e adequadas para a técnica de medição escolhida. Estas podem ser atividades, elementos, tarefas ou mesmo movimentos humanos básicos (Baines 1995).

2.10.1 Estudo do tempo

Uma das ferramentas da medição do trabalho é o estudo do tempo, desenvolvido por *Frederick W. Taylor*. Segundo este, o método em causa consiste na atribuição de um tempo padrão para a realização de uma tarefa, com base na observação direta do trabalho e tendo em conta atrasos que possam acontecer, devido a fadiga ou atrasos pessoais e inevitáveis (Niebel 1962). De todas, esta técnica é a mais antiga e a mais flexível, sendo aplicável a qualquer tipo de trabalho e a qualquer ambiente (Baines 1995).

O procedimento geral para esta ferramenta consiste na familiarização com o tipo de trabalho que está a ser realizado, seguida de observação e análise do seu conteúdo, dividindo-o em “elementos” relativamente curtos, selecionados por conveniência de observação e medição. Estes devem ter pontos finais ou de interrupção claramente definidos e a sua duração dependerá do tipo de trabalho a ser medido. Para ciclos curtos, os elementos de trabalho repetitivos normalmente terão menos de meio minuto de duração, enquanto que para trabalhos de ciclos mais longos, a duração pode ser significativamente maior (Baines 1995).

O estudo do tempo é realizado usando um dispositivo de temporização, que pode ser um cronómetro ou um dispositivo de gravação eletrónica, que regista tempos em centésima de minuto (1 centésima de minuto = 0,01 minutos), embora outras unidades possam ser usadas. Aquando da gravação do tempo de um elemento, ao registar o tempo no ponto de interrupção,

o observador deve fazer uma avaliação do desempenho do trabalhador, usando uma escala de avaliação de desempenho (Baines 1995).

2.10.2 Amostragem do trabalho

As técnicas de amostragem são baseadas no facto de que as observações de uma situação realizadas em intervalos, fornecem uma indicação fidedigna de toda a situação. Uma grande vantagem da amostragem do trabalho é a possibilidade de observação de um determinado número de sujeitos (trabalhadores, máquinas, peças, etc.) por um único observador, sendo, deste modo, um método bastante económico (Baines 1995).

Quando esta técnica é usada para fins de medição, existem dois métodos de amostragem diferentes: amostragem aleatória e amostragem em grupo. A primeira consiste na realização de observações de uma situação ou atividade em intervalos aleatórios. A razão para a aleatoriedade das observações deve-se ao facto da possível existência de um ciclo, sendo que observações feitas em intervalos regulares podem coincidir com as mesmas partes deste ciclo e fornecer resultados tendenciosos. Quando aplicada corretamente, a técnica de amostragem aleatória pode oferecer informações úteis relativamente a cargas de trabalho, movimentos, tempos de inatividade de máquinas, etc. A segunda técnica, por sua vez, baseia-se na premissa de que algumas atividades não possuem ciclos fixos. Assim, a amostragem é realizada durante intervalos fixos e relativamente curtos para obter dados de um grupo de trabalhadores. Muitas vezes o intervalo é suficientemente curto para o observador estar em observação constante do grupo, realizando observações amostrais quase continuamente. Desta forma, o estudo é quase como um estudo de tempo contínuo, mas o observador é capaz de cobrir um grupo de trabalhadores (Baines 1995).

2.10.3 Técnicas de estimativa

A estimativa é usada em muitas áreas para chegar a medidas aproximadas, sendo a proximidade da estimativa com a medida real dependente do estimador na área em questão. Para fins de medição do trabalho, os estimadores devem ser experientes no tipo de trabalho que estão a realizar (Baines 1995).

Geralmente, a estimativa é usada para fornecer tempos de trabalho que seriam muito caros de medir através de outros métodos ou quando o nível de detalhe e precisão exigidos não são tão elevados. É importante que as técnicas de estimativa sigam o procedimento de três etapas descrito anteriormente, em particular a fase de análise quando o trabalho é dividido e examinado em várias partes (Baines 1995).

2.10.4 Síntese

A síntese não é propriamente uma técnica de medição, no entanto, é considerada uma técnica de medição do trabalho dado que é usada para derivar tempos para trabalhos e atividades. Nesta técnica, o tempo necessário para realizar cada elemento do trabalho é descoberto a partir de estudos de tempos previamente efetuados. Assim, este método utiliza estudos de trabalhos similares e dados padrão (Baines 1995).

Os dados padrão são o tempo normal para fazer tarefas repetitivas, portanto não há necessidade de calcular estes tempos repetidamente. São elementos de trabalho constantes e, por isso, apresentam o mesmo tempo sempre que são executados. Os tempos padrão existem para a maioria dos elementos de um trabalho. Por outro lado, existem elementos variáveis em que o tempo gasto para a conclusão destes varia com alguma propriedade ou atributo do trabalho que está a ser executado. Para estes, é calculado um intervalo de tempo esperado. O tempo total do trabalho é sintetizado recorrendo a estes tempos, sem necessidade de medição direta. Assim, este é um método rápido e económico (Baines 1995).

2.10.5 Sistemas de tempo predeterminados (*PTS - Predetermined time systems*)

Este conceito baseia-se na premissa de que todo o trabalho consiste em movimentos humanos básicos e que os tempos podem ser atribuídos a esses movimentos se forem definidos e classificados de maneira sistemática (Baines 1995).

Os sistemas *PTS* são construídos a partir de um grande número de estudos, que incluem avaliação de desempenho, realizados num conjunto de trabalhos que são analisados em detalhe e categorizados. Um observador que mede um trabalho por *PTS*, simplesmente observa o trabalho e analisa os seus movimentos básicos. Os parâmetros que afetam cada um são registados e a categoria apropriada do movimento é obtida, juntamente com o valor de tempo associado (Baines 1995).

3 Apresentação do Problema

No presente capítulo serão descritos os diferentes setores que fazem parte da cadeia produtiva da empresa Quantal S.A. e os diversos processos que são realizados em cada um deles. De seguida, será abordado o modo de funcionamento da logística interna da empresa e será feito um reconhecimento dos problemas e necessidades a esta associados. Esta é uma das áreas em maior crescimento na empresa, apresentando, por isso, muitas oportunidades de melhoria.

3.1 Apresentação dos setores envolvidos na cadeia produtiva

A fábrica de produção está dividida em vários setores, nos quais se realizam os diferentes processos produtivos. Estes setores são enumerados e descritos de seguida, juntamente com a sua codificação interna na empresa.

- Corte LASER 2D – CL2D;
- Corte LASER 3D – CL3D;
- Quinagem – QUI;
- Ferramentaria – FER;
- Maquinação – MAQ;
- Estampagem – EST;
- Soldadura Robot – SR;
- Soldadura MIG/MAG – SMM;
- Soldadura por Resistência – SRES;
- Soldadura TIG – STIG;
- Montagem – MONT;
- Embalamento – EMB.

O setor de Corte LASER 2D é onde nascem a maioria dos processos na produção. É composto por 4 máquinas, sendo a matéria-prima mais utilizada a chapa metálica. Este processo caracteriza-se por cortar chapa na horizontal, na sua maioria de aço, de diferentes espessuras e dimensões. Numa mesma chapa podem ser encontradas peças pertencentes a Ordens de Fabrico diferentes, as quais depois do corte são separadas em paletes tendo em conta o seu setor de destino.

O setor de Quinagem é composto por 5 quinadoras, nas quais se dobram chapas que foram previamente cortadas, tratando-se deste modo de um processo de deformação plástica. Cada quinadora permite tratar chapas de diferentes comprimentos, sendo o limite máximo de comprimento da quinadora mais comprida de 4,5 metros. Para além destas, existem ainda 1 calandra, usada para dar uma determinada forma ou acabamento a chapas de metal, e 1

máquina de cravar porcas, a qual é usada para inserir e apertar porcas, estando inserida neste setor visto ser realizada pelos operadores da Quinagem.

O setor de Estampagem é composto por 8 prensas hidráulicas, as quais são encarregues de imprimir uma determinada forma nas peças através de deformação plástica. As formas geométricas obtidas são conseguidas por meio de ferramentas de estampagem instaladas nas prensas. Este setor está direcionado maioritariamente para o ramo automóvel.

O setor de Ferramentaria é composto por 2 furadoras, 2 roscadoras, 1 fresadora, 1 torno mecânico, 1 forno e 1 afiador. Deste modo, é um setor que se dedica a diversas operações, entre elas, roscar, furar, mandrilar e escarear peças ou ferramentas usadas noutros setores.

O setor de Corte LASER 3D é bastante recente, estando, por isso, em crescimento. É constituído por 4 máquinas, cuja tecnologia LASER tridimensional permite uma boa precisão e qualidade e o processamento de peças com geometria complexa. Possibilita também o corte de peças após processos de estampagem e quinagem.

O setor de Maquinação é composto por diversos centros CNC (comando numérico computadorizado), entre os quais se encontram tornos, fresadoras, máquinas de eletroerosão e uma retificadora. Existe também uma banca de desgorduramento e controlo dimensional. Neste setor produzem-se peças para o ramo automóvel, ferramentas progressivas e protótipos. As matérias-primas são normalmente blocos cilíndricos de aço, os quais são previamente cortados num serrote. O serrote pode também ser considerado um setor, sendo composto no total por 4 serrotes.

O setor de Soldadura engloba 4 tipos diferentes de soldadura: TIG (*Tungsten Inert Gas*), MIG/MAG (*Metal Inert Gas/Metal Active Gas*), Resistência e Robot. Enquanto que o primeiro se dedica principalmente à solda de peças de aço inoxidável e também de alumínio, o segundo aplica-se à solda de peças de aço ao carbono. Os restantes dois tipos de soldadura, por sua vez, são simples, automáticos e repetitivos, dedicando-se em grande parte ao ramo automóvel, devido às elevadas cadências de produção e repetibilidade de produtos.

O processo de Acabamento consiste na utilização de diversas ferramentas, tais como, rebarbadoras e vibradoras, que através de um trabalho de polimento manual, garantem que as peças possuem o melhor acabamento possível, mais concretamente uma superfície interna e externa sem defeitos, com a exigência requerida pelo cliente. Existe também 1 máquina de quebrar arestas, cujo objetivo é o arredondamento de arestas e a remoção de manchas da superfície das peças. As máquinas destinadas aos processos de Acabamento são consideradas parte integrante do setor de Quinagem dada a sua proximidade a este. Para além dos processos referidos, existe dentro do Acabamento um novo processo, o de Pintura. Trata-se de uma atividade nova na fábrica, estando ainda em formação.

Os setores de Montagem e Embalamento constituem os processos finais sofridos pelos diferentes produtos. O primeiro consiste na montagem dos produtos finais, partindo das diferentes peças que o integram. No segundo, os produtos são embalados das mais diversas formas, dependendo das exigências do cliente, e são depois armazenados ou expedidos.

Todos os setores estão situados no 1.º andar do pavilhão 1 da empresa, com exceção do setor de Soldadura que se encontra na cave deste pavilhão. Os setores de Montagem e Embalamento localizam-se no pavilhão 2, situado ao lado do pavilhão 1, ambos ligados por uma passagem exterior. O *layout* da fábrica no início do projeto encontra-se representado no Anexo A.

Como já foi referido, a produção trabalha 24 horas por dia, mas apenas em alguns setores, como é o caso do CL2D, CL3D e Soldadura Robot, que operam 7 dias por semana em 3 turnos de 8 horas (todos os turnos têm esta duração). O setor de Maquinação trabalha 5 dias por semana em 3 turnos, 1 dia em 2 turnos e 1 dia em apenas 1 turno. Na Estampagem

trabalha-se 5 dias por semana em 3 turnos e, finalmente, nos setores de Quinagem, Ferramentaria, Serrote, Soldadura TIG, MIG/MAG e Resistência, 5 dias por semana em 2 turnos. Apresenta-se a capacidade semanal de cada setor na Tabela 1.

Tabela 1 - Capacidade horária semanal dos setores existentes na produção.

Setor	Capacidade horária semanal
CL2D	168
CL3D	168
Quinagem	80
Maquinação	144
Ferramentaria	80
Soldadura TIG	80
Soldadura MIG/MAG	80
Soldadura Robot	168
Soldadura de Resistência	80
Estampagem	120
Serrote	80

3.2 Enquadramento e descrição dos problemas

No sentido de se compreenderem as dificuldades encontradas na logística interna da empresa, foi necessário conhecer o seu sistema produtivo. O objetivo foi compreender o seu modo de funcionamento, nomeadamente como se processa o fluxo de peças na produção. Após esta análise, foi possível detetar problemas e oportunidades de melhoria nesta área.

Na empresa são realizadas mais de 12000 referências de produtos diferentes, não havendo, por isso, um processo produtivo que seja mais executado que outros, ou seja, não há uma sequência fixa de etapas a realizar. Deste modo, o tipo de produtos realizados está totalmente dependente da procura do mercado.

O Corte LASER 2D, tal como referido anteriormente, é o início da maior parte das peças na produção. Neste setor, próximo de cada máquina existe um local próprio onde as chapas metálicas são colocadas prontas a serem utilizadas. Tal é assegurado por empilhadores cuja função é unicamente o transporte de matéria-prima. As chapas são depois transportadas e inseridas em cada máquina deste setor por meio de uma ventosa.

Após serem trabalhadas no CL2D, as peças são transportadas para o setor seguinte, onde irão sofrer a próxima operação. No caso de a operação seguinte ser a Soldadura, para transportar o material para este setor é necessário recorrer-se ao monta-cargas, para fazer chegar os materiais à cave do pavilhão 1. Desta forma, as paletes são colocadas neste elevador e são depois recebidas na Soldadura e encaminhadas para o posto de trabalho a que se destinam. No final, depois de terminadas as operações de Soldadura, as peças são novamente encaminhadas para o monta cargas de modo a voltarem ao pavilhão superior e continuarem para o próximo processo produtivo. Na Figura 10, é visível o elevador que faz a ligação entre os dois andares do pavilhão.



Figura 10 - Monta cargas que realiza a ligação entre a Soldadura e os restantes setores.

Atualmente, existem 2 colaboradores que se encarregam de transportar o material entre os diferentes setores. Um está afeto ao turno da manhã e outro ao turno da tarde, os quais funcionam entre as 06:00 e as 14:00 horas e as 14:00 e as 22:00 horas, respetivamente.

Apesar de existirem estes dois colaboradores logísticos, o transporte de material é, por vezes, também realizado pelos próprios operadores de cada setor, seja devido à falta de material para trabalhar ou porque estes assim o decidem fazer, não achando que seja necessário chamar o colega responsável. Tal acontece principalmente durante a noite, entre as 22:00 e as 06:00 horas, tratando-se de uma altura do dia em que não está de serviço nenhum colaborador logístico.

3.2.1 Procedimento logístico

O procedimento dos operadores logísticos no transporte de material entre setores não segue qualquer norma ou regra, no sentido em que é gerido de forma completamente aleatória.

O modo de operação tanto pode ser regido pelas necessidades de cada setor, como também por tempo, ou seja, os colaboradores logísticos tanto podem ser chamados por um determinado setor para responder a alguma necessidade em específico, como também podem passar de meia em meia hora pelos diferentes setores para ver o que precisa de ser movimentado.

No caso de ser por necessidade, eles são chamados pessoalmente ou por telefone. Este caso ocorre quando um setor fica sem material para trabalhar ou quando tem uma acumulação de material que já foi processado e está pronto para seguir o seu processo produtivo.

No caso de ser por tempo, ele estabelece um intervalo de tempo segundo o qual vai circulando por todos os setores. Neste caso, o operador logístico verifica as Ordens de Fabrico das peças a movimentar e verifica qual o seu destino na fábrica ou então por observação e experiência própria pode já saber qual o processo seguinte de determinadas peças.

3.2.2 Meios de transporte

O transporte de peças na fábrica é realizado com recurso a 3 meios diferentes: empilhador, porta-paletes e carros de prateleiras. Estes são abordados pormenorizadamente de seguida.

1. Empilhador

A maior parte das movimentações de peças entre setores é realizada pelo empilhador elétrico existente na empresa da marca japonesa *Komatsu*, representado na Figura 11. Este veículo é utilizado apenas pelos dois colaboradores logísticos durante os dois turnos referidos anteriormente.

Este meio de transporte de material é utilizado entre praticamente todos os setores para transportar diversos tipos de peças com predominância para peças mais pesadas e de grandes dimensões.



Figura 11 - Empilhador usado no transporte de material entre setores.

Uma das características deste veículo é o facto de ser recarregável. Assim, durante a noite é necessário que este recarregue a sua bateria, sendo necessário que esta condição seja satisfeita pelo colaborador da noite no final do turno. Apesar de tal ser exigido, muitas vezes não é cumprido devido ao esquecimento dos operadores. Consequentemente, o empilhador não está operacional no dia seguinte, sendo necessária a utilização de um empilhador, que estaria encarregue de outras tarefas como o transporte de matéria-prima, para realizar o transporte de material entre setores.

Como já foi referido, apenas um empilhador está incumbido de realizar o transporte de peças entre os diversos processos produtivos. Este já está há vários anos na empresa, não apresentando as melhores condições em termos funcionais e visuais. Para além disso, possibilita apenas o transporte de uma paleta de cada vez, fazendo com que se demore mais tempo a transportar um determinado conjunto de paletes de um setor para outro.

Outra das limitações deste veículo é o facto de apresentar uma elevada carga concentrada numa área pequena, causando vibrações no solo aquando da sua passagem. Neste sentido, o empilhador está proibido de circular no corredor situado entre o Departamento de Qualidade e o setor de Maquinação, devido à sensibilidade da máquina tridimensional existente no primeiro e dos equipamentos de corte por fio do segundo, podendo ser causados defeitos nas

peças se tal ocorrer. Assim, nesta zona, as peças são transportadas pelos próprios trabalhadores com recurso ao porta-paletes manual para as zonas de carga ou descarga do setor, próximo das quais o empilhador já pode circular, ou para o setor de destino do material, caso este seja próximo.

No que toca à segurança no transporte de material, o empilhador é um veículo bastante instável. As peças estão bastante sujeitas a quedas, quer no momento de carga ou descarga de paletes, quer aquando do seu transporte. Com base no testemunho dos colaboradores logísticos, tal já aconteceu por diversas vezes, sendo necessário que o movimento seja interrompido de imediato e que as peças sejam encaminhadas para o Departamento de Qualidade, no sentido de se perceber se sofreram algum dano.

2. Porta-paletes manual

Muitas das movimentações de paletes são realizadas com recurso ao porta-paletes manual, visível na Figura 12. Existem 10 porta-paletes manuais na empresa, os quais são usados principalmente para peças mais leves e de menores dimensões e para movimentar material entre setores próximos. Este meio de transporte de peças é utilizado tanto pelos colaboradores logísticos como pelos operadores de cada setor. Tal implica que estes abandonem o seu posto de trabalho e deixem de realizar o seu trabalho para transportar material para outro setor. Para além disso, é necessário algum esforço físico por parte dos trabalhadores para colocar e transportar as paletes por este meio.



Figura 12 - Exemplo de um porta-paletes manual usado no transporte de material entre setores.

3. Carros de prateleiras

Os carros de prateleiras com quatro andares foram desenhados e produzidos na empresa para transportar peças de pequenas dimensões e auxiliar a produção. Estes encontram-se nos setores de Acabamento, Quinagem, Ferramentaria, Maquinação, Montagem e Embalamento, existindo um total de 10 carros em toda a fábrica. Normalmente são movimentados pelos operadores entre estes setores, provocando-se assim uma paragem no seu trabalho, em semelhança ao porta-paletes. Na Figura 13, encontra-se representado um destes carros.



Figura 13 - Exemplo de um carro de prateleiras usado no transporte de material entre setores próximos e como auxílio na produção.

3.2.3 Zonas de *IN* e *OUT*

Cada setor possui um local de interface entre a logística interna e a produção (bordo de linha) constituído por duas zonas: *IN* e *OUT*. O *IN* é o local onde se encontra o material à espera de ser trabalhado (zona de descarga do operador logístico), o *OUT*, por sua vez, contém o material que já foi processado (zona de carga). As zonas de *IN* e *OUT* são identificadas pela cor amarela e azul, respetivamente. Na Figura 14, apresenta-se um exemplo deste local.



Figura 14 - Exemplo de zonas de *IN* e *OUT* na fábrica.

Todas estas zonas encontram-se próximas dos postos de trabalho com exceção dos locais de *IN* e *OUT* dos setores de Quinagem e Maquinação que apresentam dimensões superiores e estão mais afastados das máquinas comparativamente aos restantes setores, devido ao grande

número de máquinas que apresentam. Nestes casos, é comum os operadores de cada posto de trabalho retirarem o material a trabalhar da zona de *IN* e coloca-lo próximo da máquina onde este irá ser processado para não terem que se deslocar muitas vezes à zona de chegada de material.

No caso da zona de *IN* do setor de Maquinação, esta para além de conter o material que irá ser trabalhado num futuro próximo, encontra-se praticamente toda ocupada com ferramentas e material que vai ser trabalhado no futuro, mas que não é uma prioridade na produção. Esta zona funciona assim como uma espécie de armazém intermédio para produtos que já iniciaram o seu ciclo produtivo e que estão parados à espera de o retomarem. Na Figura 15, é possível observar esta zona de *IN*.



Figura 15 – Zona de *IN* do setor de Maquinação com visível desorganização.

Por outro lado, como se observa pela Figura 15, esta zona não se encontra devidamente identificada, no que diz respeito aos seus limites e à sua cor identificativa. Devido a isto, os operadores logísticos não possuem uma zona bem definida para carregar e descarregar o material neste setor e não possuem espaço de manobra para o fazer. No caso do setor de Ferramentaria, o mesmo acontece. Este último não possui zonas de *IN* e *OUT* definidas, sendo que foram adotadas pelos operadores zonas para o efeito. Os *IN*'s da Estampagem e da zona de receção de matéria-prima e subcontratação estão igualmente por definir.

A zona de Pintura, pertencente ao setor de Acabamento, é nova na fábrica, tal como referido anteriormente. Deste modo, não possui sinalização nas zonas de *IN* e *OUT*.

É ainda de salientar que grande parte das fitas amarelas e azuis que identificam as zonas de *IN* e *OUT* estão em mau estado, pois já são antigas e apresentam um elevado desgaste. Na Figura 16, é possível observar esta situação no setor de Corte LASER 3D.



Figura 16 – Desgaste das fitas que identificam a zona de *IN* do setor CL3D.

3.2.4 Ordem de Fabrico/Ficha de Identificação do Produto

Cada conjunto de peças pertencentes à mesma referência é identificado por uma folha que o acompanha sempre, intitulada de Ordem de Fabrico. Um exemplo desta folha está presente na Figura 17.


Ficha de Identificação do Produto				
 Quantal	ORDEM DE FABRICO 00424485	QUANTIDADE: 1,00	DATA ENTREGA: 03.11.2017	
Cliente: QTL Refª Peça: 707F96A0SDA CHAPA CHÃO 1/3 Prop. MP: QUANTAL Já Existe: Não :				
			1ª Peça OK: <input type="checkbox"/> Tempos Val.: Não	
PL2 - PROGRAMAÇÃO LASER 2D			DST01-Software Tops 100 I	
Tempo: 5m		Oper. _____		Qtd. _____
CL2 - CORTE			C2D05-Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)	
Tempo: 8m		Oper. _____		Qtd. _____
Ordem	Código	Qtd.	Un.	Descrição
1	MP.ST37.ADE.030500	0,15	Ch	ST-37 ANTIDERRAPANTE 3000x1500x5/7
Q - QUINAGEM			QQN02-Quinadora II (Adira 110t)	
Tempo: 14m		Oper. _____		Qtd. _____
Observações / Registo do Fornecedor / Obs (Cliente): A pedido _____ / Certificado Conformidade: Não				

Figura 17 - Exemplo de uma Ordem de Fabrico.

Este documento é essencial na logística interna da empresa, pois permite saber qual o ciclo produtivo de cada um dos produtos na produção. Aquando da movimentação de paletes entre setores, esta folha permite ao operador logístico saber qual o setor de destino de um conjunto de peças. Deste modo, é importante que estas folhas permaneçam em bom estado durante o tempo em que acompanham o material. Apesar desta necessidade, tal não acontece. As Ordens de Fabrico sujam-se com muita facilidade chegando até a ficar ilegíveis. Este é um problema que dificulta o trabalho dos operadores logísticos, exigindo um esforço extra por parte destes. Apresenta-se na Figura 18, um exemplo de uma OF em mau estado.

Ficha de Identificação do Produto

Quantal	ORDEN DE FABRICO 00433286	QUANTIDADE: 70,00	DATA ENTREGA: 25.01.2018 18:00
---------	------------------------------	----------------------	-----------------------------------

Cliente: SDA, Refª Peça: 3968881A03BA VW CCB NEB, Pos 16, Lagerbock rechts Mainstra
 Prop. MP. QUANTAL
 Já Existe: Não
 1ª Peça OK: ☐
 Tempos Vgl.: Não

EA - ENGENHARIA AUTO ESC01-Software Catia I

Tempo: 15m Qtd. Qtd.

PL2 - PROGRAMAÇÃO LASER 2D DST01-Software Tops 100 I

Tempo: 10m Qtd. Qtd.

CL2 - CORTE C2D02-Corte Laser 2D (Trumpf 4030)

Tempo: 10m Qtd. Qtd.

EST - ESTAMPAGEM FPH02-Prensa Hidr. II (Brunnhuber 150t)

Tempo: 120m Qtd. Qtd.

CL3 - CORTE LASER 3D C3D01-Corte Laser 3D (Trumpf 1005)

Tempo: 120m Qtd. Qtd.

SRE - SOLDADURA RESISTÊNCIA SPS01-Prensa Soldadura I (Motofli)

Tempo: 2,70m Qtd. Qtd.

COT - CONTROLO TRIDIMENCIONAL MTR01-Medição tri-dimensional

Tempo: 180m Qtd. Qtd.

1303

82

Observações / Registo do Fornecedor / Obs (Cliente):
 Enc. nº 5804 / / Certificado Conformidade: Sm (3.1)

Figura 18 - Ordem de Fabrico em muito mau estado.

É de referir que muitas destas fichas de identificação dos produtos estão incorretas, pois apresentam uma ordem de processos errada, nomes de postos de trabalho incorretos ou ainda processos em falta. Esta falha é emendada pelos operadores que, por experiência própria, sabem qual o destino das peças na produção. Ainda assim, este lapso provoca inúmeras perdas de tempo e erros na produção.

Para além dos problemas identificados, é comum os colaboradores logísticos terem que proceder a uma separação e organização de peças antes de as entregarem nos setores de destino. Tal deve-se ao facto de os trabalhadores dos diferentes setores não separarem as paletes por setor, ou seja, colocam numa mesma paleta peças cujo destino na produção é diferente. Isto faz com que os operadores logísticos percam tempo com esta preparação que já devia ter sido realizada.

3.2.5 Organização do espaço

Um dos maiores problemas na empresa está relacionado com a falta de organização do espaço, sendo este um obstáculo ao bom funcionamento da produção. No que diz respeito à atividade logística na fábrica, esta é bastante afetada por este problema devido às dificuldades de movimentação por ele causadas. Tanto o empilhador, como o porta-paletes e o carro de prateleiras não conseguem circular corretamente nos corredores destinados para o efeito, visto que estes contêm ferramentas, materiais, peças e outros objetos necessários à produção que

não estão devidamente arrumados ou posicionados. Na Figura 19, é visível a falta de organização do espaço.

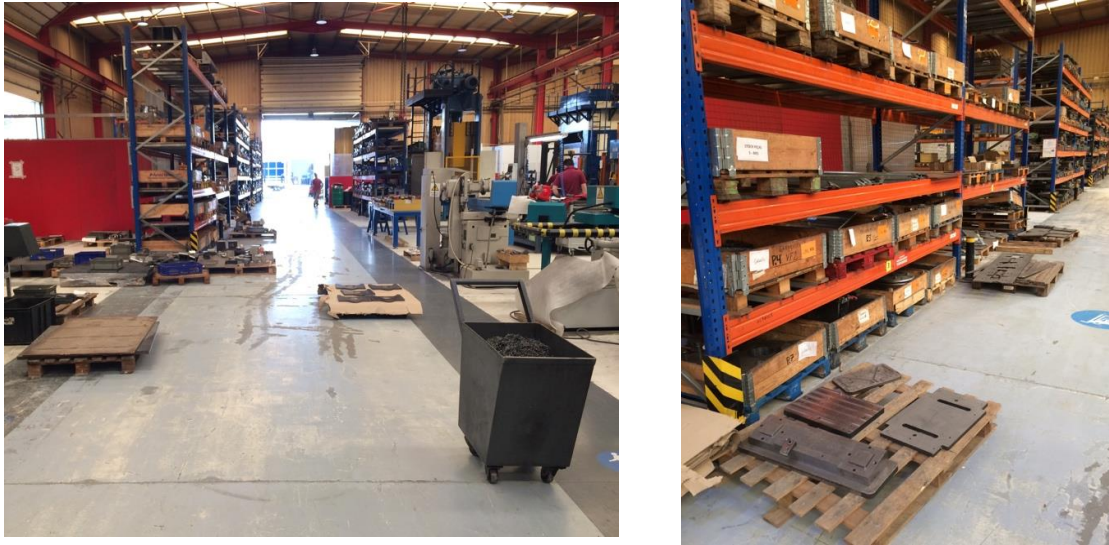


Figura 19 - Desorganização dos corredores da fábrica.

4 Apresentação da solução proposta

No presente capítulo pretende-se dar resposta às necessidades e problemas identificados previamente no capítulo 3, por forma a melhorar o funcionamento da logística interna na produção. Para tal recorreu-se à utilização de ferramentas *Lean Manufacturing*, apresentadas no capítulo 2, que serviram de base para as melhorias propostas.

4.1 Implementação do comboio logístico

Tal como foi abordado no capítulo 3, o modo de funcionamento da logística na produção, nomeadamente o fluxo de peças e informação, não se encontrava otimizado. O material era transportado de forma totalmente aleatória, ou seja, sem qualquer tipo de critério, pelos colaboradores logísticos segundo diversos meios de transporte escolhidos igualmente sem nenhuma regra. Paralelamente, existiam diversos pontos por melhorar, que interferiam diretamente com o correto funcionamento da logística.

Como resposta aos problemas identificados e com base nos objetivos da empresa, decidiu-se avançar com um projeto de implementação de um comboio logístico, cuja função seria movimentar o material entre os diferentes setores. Para tal, realizou-se um vasto conjunto de estudos na produção, no sentido de responder às necessidades desta implementação, e propuseram-se várias ideias tendo em vista a otimização de todos os processos.

4.1.1 Pressupostos iniciais

Como ponto de partida para a implementação do comboio logístico, começou-se por definir os pressupostos base necessários ao seu correto funcionamento, os quais serviram também de apoio para a identificação de alguns estudos e melhorias a serem realizados.

Com base no estudado no capítulo 2 e no funcionamento atual da logística da empresa, apresentam-se de seguida os princípios e requisitos base de funcionamento do comboio, definidos numa fase inicial:

- O comboio deve circular segundo uma rota pré-definida;
- Deve deixar as paletes que transporta na zona de *IN* do setor correspondente e recolher as que se encontram na zona de *OUT*;
- O *mizusumashi* (operador do comboio logístico) deve ser capaz de identificar o setor de destino de uma palete de forma rápida e intuitiva;
- Uma palete está pronta a ser movimentada a partir do momento em que se encontra identificada e na zona de *OUT* de um setor;
- Cada palete que está na zona de *OUT* de um setor deve apenas conter produtos que tenham o mesmo setor de destino na produção;
- Todas as paletes a serem movimentadas devem estar inseridas num *trolley*;

- De acordo com a rota, o comboio deve possuir locais para inverter a marcha ou mudar de direção sem causar interferência na produção;
- A passagem do comboio não deve interferir no funcionamento dos equipamentos do Departamento de Qualidade e do setor de Maquinação (vibrações do chão).

4.1.2 Escolha do veículo e atrelados

Hoje em dia, os processos de produção exigem cada vez mais conceitos flexíveis, no que diz respeito ao fluxo de materiais. Seguindo esta tendência, a utilização de sistemas de comboios de reboque tem aumentado, visto que estes possibilitam um transporte eficaz de material para os locais onde este é necessário e em diferentes quantidades. Através da sua utilização é possível reduzir custos logísticos, níveis de *stock* e consumos de energia, para além de se reduzir também o risco de ocorrência de acidentes devido à diminuição de tráfego nas fábricas.

No sentido de conhecer as soluções já existentes, fez-se uma pesquisa de mercado e, após alguma investigação, verificou-se que o conceito que mais se destacou pertence à empresa alemã STILL, o qual se intitula de *LiftRunner Tugger Train*. Esta empresa é pioneira neste tipo de soluções e apresenta os conceitos mais inovadores do mercado.

Este comboio logístico é constituído por um trator ou comboio de reboque elétrico e por um conjunto de *trailers* e *trolleys* (transportadores de carga sobre rodas). Relativamente ao primeiro, escolheu-se o modelo LTX 70/LTX-T 80, visível na Figura 20. Este garante o transporte de material até um peso de 8 toneladas, de forma rápida e eficiente, em ambientes interiores e exteriores. Permite ainda um arranque seguro em declives acentuados, assim como saber qual a inclinação do piso onde se encontra, sendo a cabine do operador de fácil acesso e elevado conforto. Para além disso, possui luzes de condução diurna, permitindo que o veículo seja visível em todos os momentos, um fator muito importante no que toca à segurança no trabalho. É de referir que a velocidade máxima do conjunto não pode exceder os 15km/h (STILL 2018). No Anexo B, é possível ver com mais detalhe algumas das características do veículo.



Figura 20 - Modelo do comboio de reboque escolhido (STILL 2018).

Ao veículo descrito, são acoplados os *trailers* que permitem o transporte de carga. A STILL possui vários modelos, tendo-se escolhido o modelo *B-Frame*, apresentado na Figura 21. Este permite uma elevada flexibilidade de manuseamento ao ser possível carregar e descarregar o material tanto pela esquerda como pela direita, a sua operação é silenciosa e o desgaste é mínimo, pois os trailers são levantados durante a viagem, a dirigibilidade e a estabilidade são excelentes, garantindo um alto nível de segurança, e, por fim, o sistema de desacoplamento é seguro e fácil de usar (STILL 2018).

É de salientar que podem ser acoplados entre 2 e um máximo de 4 *trailers* num único comboio de reboque. No Anexo C, é possível verificar a constituição dos *trailers*.

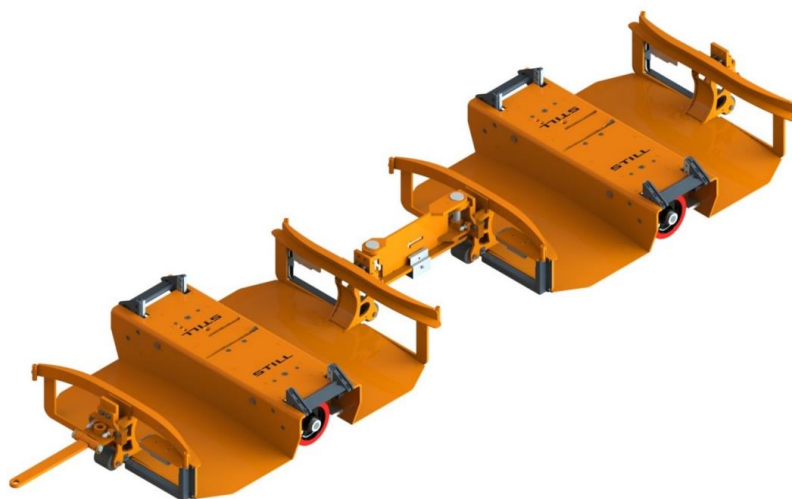


Figura 21 - Modelo de trailers escolhido (STILL 2018).

Em cima dos trailers são colocados os *trolleys*, nos quais, por sua vez, se inserem as paletes com material. Dependendo do design dos *trolleys*, um trailer pode conter vários *trolleys* empilhados, caso estes estejam vazios. A empresa STILL possui vários modelos de *trolleys*, no entanto por vontade da empresa, foi decidido que estes seriam desenhados e produzidos internamente. O desenho foi realizado pelo Engenheiro Francisco Santos e, posteriormente, foi feita a sua produção na fábrica da Quantal S.A. O desenho de conjunto do *trolley* encontra-se no Anexo D. Na Figura 22, estão representados os *trolleys*.



Figura 22 – *Trolleys* produzidos na empresa.

Relativamente ao modo de funcionamento dos *trailers* aquando do transporte de carga, os *trolleys* são inseridos nestes e são depois seguros. De seguida, os *trailers* são elevados ligeiramente quando o operador entra no comboio de reboque ou quando é ativado o interruptor correspondente. Após a movimentação e paragem do comboio, os *trailers* descem novamente quando o operador sai do comboio ou quando este desativa o interruptor apropriado. A energia necessária para tal é fornecida hidraulicamente. De seguida, os *trolleys* podem ser removidos, sendo que para tal existe um pedal que facilita este movimento, sem ser necessário muito esforço por parte do operador. Na Figura 23, é possível observar como se processa o transporte de material com os *trolleys* devidamente inseridos nos *trailers*.

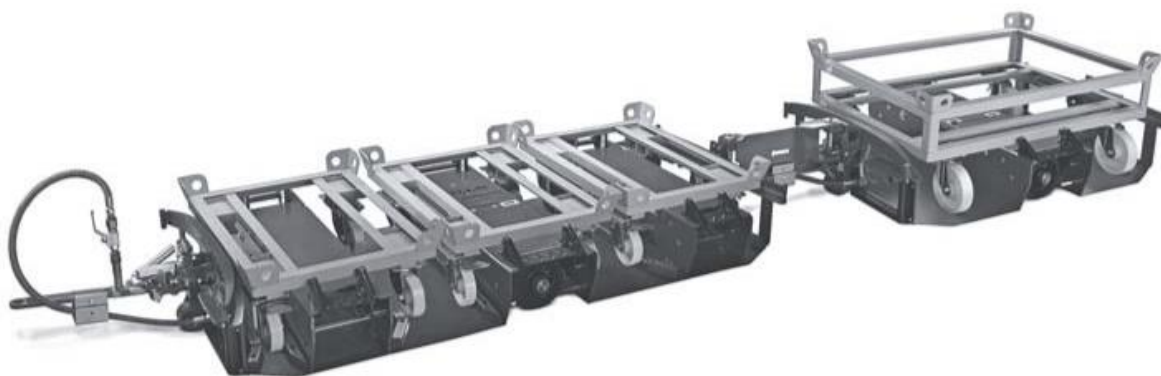


Figura 23 - *Trolleys* devidamente inseridos nos *trailers*, prontos para transportar material (STILL 2018).

Uma das principais vantagens da utilização do comboio, em comparação com o empilhador, é o facto de possuir uma carga reduzida (300 kg a 400 kg), distribuída por um comprimento maior. Assim, não causa vibrações no solo e não interfere com o funcionamento das máquinas do Departamento de Qualidade e da Maquinação. Deste modo, o último pressuposto apresentado em 4.1.1 é satisfeito. Na Figura 24, apresenta-se o comboio e as 4 carruagens/*trailers* na fábrica da empresa, antes da sua primeira utilização.



Figura 24 – Comboio e *trailers* na fábrica antes da primeira viagem.

No total, o custo do comboio e *trolleys* rondou os 60.000€ (50.000€ do veículo de reboque e *trailers* adquiridos da STILL e 10.000€ para a produção interna de *trolleys*).

4.1.3 Estudo do número de *trolleys*

Tal como referido anteriormente, decidiu-se que os *trolleys* utilizados no comboio logístico seriam produzidos na Quantal S.A. Assim, após o seu projeto, foi essencial determinar quantos *trolleys* se iriam produzir, estando esta decisão baseada na quantidade de *trolleys* necessários para o transporte de material na produção e, por conseguinte, para o bom funcionamento do comboio.

Para obter o número de *trolleys* necessários, realizou-se um estudo durante 19 dias que consistiu em contar todas as paletes que se encontravam na fábrica e que contivessem material a ser trabalhado, ainda por ser trabalhado, na zona de *IN*, ou já trabalhado, na zona de *OUT*. Através desta contagem foi possível ter uma ideia de quantos *trolleys* seriam precisos, pois todas as paletes com material que se encontram na produção devem estar inseridas num *trolley*, de forma a serem movimentadas pelo comboio, ou seja, todas as paletes que inicialmente se encontravam no chão da fábrica, vão passar a estar inseridas em *trolleys*.

A contagem das paletes realizou-se em todos os setores da produção, com exceção dos setores de Montagem e Embalamento, que não foram contabilizados. Para estes setores não serão necessários *trolleys* uma vez que o material chega ao pavilhão 2 e as paletes são depois colocadas no chão. Entre estes setores as peças serão transportadas com recurso ao porta-paletes manual ou empilhador, pois estes são muito próximos um do outro, não sendo essencial a utilização do comboio. O mesmo acontece entre o setor de Embalamento e a zona de Expedição, a qual também não irá necessitar de *trolleys*. Sendo assim, apenas os restantes setores interessam para esta contagem juntamente com a zona próxima ao Departamento de Qualidade, onde o material aguarda para ser inspecionado, e a zona de Subcontratação, que contém o material subcontratado proveniente de outras empresas.

O objetivo do estudo foi contar as paletes novas que estavam presentes na fábrica todos os dias, as quais seriam transportadas pelo comboio. Assim, de modo a obter uma análise o mais correta possível, ao mesmo tempo, tentou-se perceber quais as paletes repetidas que se encontravam na produção, ou seja, aquelas que permaneciam de um dia para o outro, de modo a que uma determinada paleta que se encontrasse num setor durante vários dias, não fosse contabilizada durante todos eles.

Através deste estudo, obtiveram-se os resultados finais presentes na Tabela 2, dos quais se conclui que, por dia, existem 119 paletes novas a serem movimentadas. O Anexo E contém em detalhe os valores obtidos da contagem por setor em cada dia.

Tabela 2 – Resultados do estudo da contagem de paletes.

Setor	Média Paletes	Média Paletes Repetidas	Média Paletes Novas no Setor
CL2D	13	4	9
CL3D	18	4	14
Quinagem	35	4	31
Estampagem	12	2	10
Maquinação	92	54	38
Ferramentaria	22	12	10
Qualidade	8	6	2
Subcontratação	8	3	5
Total Paletes	208	89	119

Com base no valor obtido, decidiu-se que iriam ser produzidos 120 *trolleys*. Numa primeira fase, avançou-se com a produção de 60 *trolleys*, apesar de já haver material para todos, para que primeiro se pudesse testar o comboio e o fluxo de material e fazer os ajustes necessários.

4.1.4 Local para colocação de *trolleys* vazios

Os *trolleys* são uma das componentes principais do comboio logístico e antes de este ser colocado em funcionamento foi necessário definir um local para alocação dos mesmos. Inicialmente, consideraram-se duas estratégias possíveis: existência de uma zona para o efeito em cada setor ou de várias zonas localizadas estrategicamente na fábrica. Optou-se pela primeira opção, visto que, desse modo, os *trolleys* estão facilmente disponíveis a todos os operadores. Caso se optasse pela segunda opção, iriam existir setores com pior acesso aos *trolleys*, provocando perdas de tempo desnecessárias em deslocações.

Para definir estes locais, verificaram-se quais as zonas mais apropriadas para o efeito em termos de espaço e acessibilidade em cada setor. No Anexo F, podem-se observar os locais definidos para a colocação dos *trolleys* vazios em cada setor, assim como outra informação que irá ser detalhada mais à frente.

O local de armazenamento geral de *trolleys* foi proposto que se situasse junto ao setor de Embalamento, dado que nesta zona há mais espaço vazio.

4.1.5 Stock de segurança de *trolleys* em cada setor

Após a decisão de que cada setor necessitava de um local próprio para a colocação de *trolleys* vazios, foi necessário determinar quantos destes se iriam colocar em cada setor como *stock* de segurança, de modo a que os operadores os tenham sempre ao seu dispor e possam despachar o material sem demoras. Este *stock* é fundamental, visto que a um setor é comum chegarem várias peças com diferentes Ordens de Fabrico numa só palete, que após serem processadas são enviadas para outros setores em paletes diferentes, ou seja, num setor uma paleta pode dividir-se em várias, já que peças com destinos diferentes na produção requerem paletes distintas.

Primeiramente, decidiu-se que os *trolleys* seriam empilhados em altura de modo a ocuparem o menor espaço possível em cada setor e, se possível, formando uma só coluna. De seguida, verificou-se quantos *trolleys* se poderiam empilhar com base na altura destes (Anexo D). Como um *trolley* tem uma altura total de 300 mm, decidiu-se que seriam empilhados no máximo até 5 *trolleys*, perfazendo uma altura total de 1,5 m. Desta forma, todos os operadores conseguem manuseá-los sem grande esforço e dificuldade.

Para que fosse possível obter o *stock* de segurança mais adequado para cada setor, realizaram-se dois estudos: o primeiro consistiu em analisar dados da produção, enquanto que o segundo consistiu no acompanhamento da produção na fábrica.

1. Análise dos dados da produção

O primeiro estudo foi realizado separadamente em 3 intervalos de tempo, tendo-se analisado no total dados referentes a 1 mês. Tal como foi dito, consistiu na análise de dados da produção, mais especificamente da quantidade de Ordens de Fabrico que se realizam num determinado período de tempo. Através deste estudo foi possível perceber quantas Ordens de Fabrico, em média, são realizadas por hora em cada setor. Assim, considerando-se, numa primeira fase, que a uma Ordem de Fabrico corresponde uma paleta, obteve-se o número médio de paletes que são finalizadas e colocadas no *OUT* de cada setor e que, consequentemente, precisam de ser transportadas.

Os dados obtiveram-se através do sistema informático da empresa que, após especificação de um intervalo de tempo, apresenta todas as operações realizadas em todos os setores nesse

período. Para além da data de realização da operação, da operação realizada e do setor a que esta corresponde, é também apresentada informação relativa à hora de início e fim de cada operação, a sua duração, quem a realizou, a que Ordem de Fabrico pertence, entre outras. O Anexo G contém um exemplo de uma parte dos dados retirados do sistema da empresa.

Partindo dos dados extraídos do sistema, foi necessário filtra-los e eliminar dados irrelevantes para o estudo em causa, mais especificamente, operações e centros de trabalho que não envolvessem o transporte de material, assim como dados duplicados. De seguida, obteve-se uma contagem de OF's por centro de trabalho e agrupou-se cada um destes, formando os setores, de maneira a obter OF's por setor.

Para cada período de tempo analisado, chegou-se à média de OF's realizadas por dia em cada setor, a qual se dividiu pela capacidade semanal de cada um destes (apresentada no capítulo 3), obtendo-se a média de OF's realizadas por hora em cada setor. De seguida, fez-se uma média deste valor para todos os períodos de tempo analisados, chegando-se aos valores apresentados na Tabela 3. O Anexo H apresenta com detalhe a contagem realizada.

Tabela 3 - Média de OF's realizadas por hora em cada setor.

Setor	Média de OF's finalizadas/hora
CL2D	1,8
CL3D	0,3
Quinagem	6,8
Ferramentaria	1,8
Maquinação	0,9
Estampagem	0,3
Soldadura TIG	0,7
Soldadura MAG	2,1
Soldadura Robot	0,1
Soldadura Resistência	0,3
Serrote	0,3

2. Acompanhamento da produção

Relativamente ao segundo estudo realizado, este surgiu como complemento do primeiro. Tal como referido anteriormente, na primeira análise efetuada, considerou-se que uma paleta correspondia a uma Ordem de Fabrico, no entanto, tal nem sempre é verdade. Muitas vezes, uma paleta contém várias Ordens de Fabrico, assim como podem existir Ordens de Fabrico que se dividem em várias paletes. Desta forma, para que o *stock* de segurança atribuído a cada setor fosse o mais adequado, foi necessário estimar o número médio de paletes processadas por hora em cada setor e, por comparação com o estudo anterior (OF's realizadas por hora), obter o número médio de OF's por paleta.

O estudo foi realizado nos três principais setores da fábrica: CL2D, Quinagem e Ferramentaria, por serem aqueles que produzem mais OF's por hora, acabando, de certa forma, por ditar o ritmo de produção dos restantes setores. O processo de Soldadura MAG, apesar de ser dos que finaliza mais OF's por hora, não foi examinado com mais pormenor, visto que todo o setor de Soldadura se encontra noutro pavilhão, no qual o comboio não irá circular. Por outro lado, este setor irá conter uma zona própria de armazenamento de *trolleys*, de fácil acesso a todos os centros de trabalho de Soldadura, havendo assim mais flexibilidade na atribuição de *stocks* de segurança neste setor.

Para a realização deste estudo, foi criado e entregue em cada posto de trabalho/máquina dos setores mencionados, um documento, presente no Anexo I. Este foi entregue pessoalmente aos operadores e estes foram instruídos acerca do estudo em curso, assim como qual o modo de preenchimento do documento. O objetivo deste último foi o registo de todas as paletes finalizadas e colocadas no *OUT*, por dia, em cada um dos setores estudados, assim como qual o destino destas na produção, ou seja, os operadores ficaram encarregues de assinalar na folha de registo todas as paletes processadas e enviadas para outros setores em cada dia.

Os períodos de tempo estudados coincidiram em grande parte com os intervalos de tempo analisados no estudo anterior (análise dos dados da produção), de modo a que se obtivessem os resultados mais precisos possíveis. O estudo foi realizado no setor CL2D em 2 períodos de tempo diferentes e nos setores de Quinagem e Ferramentaria em apenas 1 período de tempo. É ainda de referir que este estudo esteve praticamente dependente dos operadores da fábrica, o que nem sempre tornou fácil a sua realização. Requeria-se um registo exato e correto das informações pretendidas, exigência nem sempre cumprida, pois ao longo do estudo, verificou-se que os operadores nem sempre realizaram os registos. No sentido de colmatar esta falha, fez-se um acréscimo teórico de 15% ao total de paletes registadas pelos operadores em cada período de tempo analisado.

Na Tabela 4, é possível observar os resultados obtidos neste estudo, mais especificamente a média de paletes processadas por hora nos três setores em análise. O Anexo J contém em detalhe a contagem realizada.

Tabela 4 - Média de paletes finalizadas por hora no CL2D, Quinagem e Ferramentaria.

Setor	Média de paletes finalizadas/hora
CL2D	0,7
Quinagem	2,5
Ferramentaria	0,5

Com base nos dois estudos realizados, foi possível estimar o número médio de OF's por paleta nos setores de CL2D, Quinagem e Ferramentaria, partindo dos valores médios de OF's e paletes processadas por hora nestes setores, dividindo os primeiros pelos segundos. Na Tabela 5, apresentam-se os valores obtidos.

Tabela 5 – Média de OF's por paleta nos setores CL2D, Quinagem e Ferramentaria.

Setor	Média de OF's por paleta
CL2D	2,5
Quinagem	2,7
Ferramentaria	3,7

Após a realização de ambos os estudos, foi possível chegar aos valores de *stock* de segurança a atribuir a cada setor. Para os setores de CL2D, Quinagem e Ferramentaria, nos quais se realizaram os dois estudos, o valor de *stock* de segurança foi obtido através da média dos valores de *stock* de segurança com base nas OF's e paletes processadas por hora. Para os restantes setores, nos quais apenas se realizou o primeiro estudo, o valor de *stock* de segurança foi definido com base apenas no número de OF's processadas por hora. Foram adotados todos os valores de *stock* de segurança obtidos através do estudo, com exceção dos setores CL2D, Maquinação e Serrote, aos quais se decidiu acrescentar um *trolley* extra de segurança. No caso do CL2D, por ser o setor principal da fábrica e o ponto de partida da maior parte dos produtos realizados na empresa, apresentando muita influência nos restantes setores. Na Maquinação, pois pensou-se que o *stock* calculado podia ser baixo, tendo em

conta o número de postos de trabalho deste setor. Por fim, no Serrote dado tratar-se de um setor que também inicia o processo produtivo de muitas peças. Para além dos setores analisados nos estudos, foi necessário atribuir um *stock* de segurança de *trolleys* ao processo de Pintura que é novo na empresa e não possui dados de produção suficientes para que se procedesse a uma análise do mesmo. Desta forma, foi atribuído um valor aleatório a este processo que de seguida foi testado e avaliado com o início do funcionamento do comboio logístico. Os valores de *stock* de segurança, definidos para cada setor, estão apresentados na Tabela 6. No Anexo K é possível verificar como se chegou a estes valores.

Tabela 6 – *Stock* de segurança de *trolleys* para cada setor.

Setor	<i>Stock</i> de Segurança de <i>trolleys</i>
CL2D	3
CL3D	1
Quinagem	5
Ferramentaria	2
Maquinação	2
Estampagem	1
Soldadura TIG	1
Soldadura MAG	3
Soldadura Robot	1
Soldadura Resistência	1
Serrote	2
Pintura	2

4.1.6 Rota do comboio logístico

Uma das características principais do comboio logístico é o facto de este circular segundo uma rota pré-definida, tal como referido no capítulo 2. Assim sendo, a criação da rota é de extrema importância e precisa de ser devidamente planeada e estruturada.

Como base para a criação da rota e relembrando o que foi referido anteriormente, é importante considerar que todas as peças iniciam o seu processo produtivo no Corte LASER 2D. Assim, colocou-se este setor como o ponto de partida do comboio na fábrica.

Após a primeira consideração e tendo em conta o *layout* da fábrica da empresa, foi necessário decidir qual o sentido da rota, considerando o CL2D como o ponto de partida. Existiam dois caminhos possíveis: o primeiro seria partir do CL2D e seguir um caminho no sentido horário, ou seja, primeiro circular no pavilhão 1 e, de seguida, no pavilhão 2; o segundo seria partir igualmente do CL2D e circular no sentido anti-horário, ou seja, circular no pavilhão 2 e só depois no pavilhão 1. Na Tabela 7, apresentam-se os dois percursos possíveis.

Tabela 7 – Percursos possíveis para o comboio logístico.

Percurso 1 (horário)	CL2D → CL3D → Soldadura → Ferramentaria → Maquinação → Estampagem → Quinagem → Montagem → Embalamento
Percurso 2 (anti-horário)	CL2D → Embalamento → Montagem → Quinagem → Estampagem → Maquinação → Ferramentaria → Soldadura → CL3D

Para decidir qual a rota mais adequada de entre as duas opções possíveis, nomeadamente aquela que permite que o material seja transportado durante menos tempo desde a sua carga até à sua descarga, possibilitando uma resposta mais rápida aos setores, realizaram-se os estudos mencionados de seguida.

1. Entrevista aos operadores

Primeiramente, para que fosse possível conhecer de uma forma geral o fluxo das peças na produção, dialogou-se com os operadores de cada setor da fábrica com o objetivo de saber qual o destino mais comum do material em cada setor, ou seja, qual o processo seguinte mais comum das peças num setor. Após questionar os operadores, percebeu-se que na Quantal S.A. esta informação pode variar muito. Praticamente todos os operadores tiveram alguma dificuldade em responder à questão colocada, devido ao facto de nesta empresa se produzirem milhares de peças diferentes, em quantidades imprevisíveis e totalmente dependentes da procura. As informações obtidas após conversa com os operadores encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Processo seguinte mais comum de cada setor segundo os operadores.

Setor	Setor/Processo seguinte mais comum
CL2D	Quinagem; Embalamento
CL3D	Estampagem; Maquinação; Embalamento
Quinagem	Soldadura; Embalamento
Ferramentaria	Maquinação
Maquinação	Estampagem; Embalamento
Estampagem	CL2D; CL3D
Montagem	Embalamento
Embalamento	(Fim)

Este estudo foi meramente informativo, servindo de base para os restantes, já que não foi possível retirar conclusões definitivas deste.

2. Estudo das Ordens de Fabrico

Seguidamente, no sentido de obter informações mais precisas acerca do fluxo das peças na produção para a realização da rota do comboio, decidiu-se realizar um estudo das Ordens de Fabrico da empresa. Estas, tal como referido anteriormente, possuem a sequência de operações que cada tipo de peça sofre. Assim, através da sua análise, foi possível saber qual o setor seguinte mais comum de cada operação, realizando-se a sua contagem. Como se sabe, a empresa possui milhares de OF's diferentes, por isso, apenas foi possível analisar uma amostra deste conjunto. No total foram analisadas 512 OF's. O Anexo L contém um exemplo

de uma parte dos registos de OF's extraídos e analisados do sistema da empresa. A contagem efetuada encontra-se em detalhe no Anexo M.

Dado que o CL2D é o ponto de partida da rota, foi importante perceber quais os setores seguintes para onde as peças vão com mais frequência. Tendo em conta o gráfico da Figura 25, é possível constatar que o Embalamento é o processo mais comum, seguindo-se da Quinagem, Ferramentaria e dos restantes setores do pavilhão 1. Apesar disto, todos juntos, os setores do pavilhão 1 representam uma parte maior no total de OF's analisadas (63%).

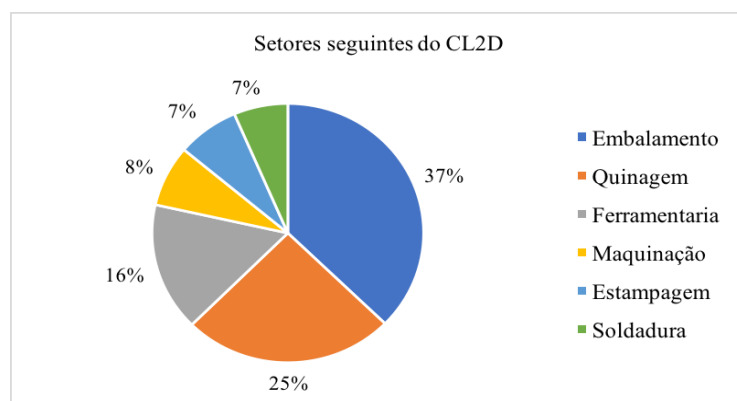


Figura 25 – Setores seguintes do CL2D com base na análise de OF's.

Dado que no pavilhão 1, a Quinagem e a Ferramentaria são os principais setores, foi importante realizar a mesma análise para ambos. Pela observação dos gráficos da Figura 26, conclui-se que na Quinagem, o Embalamento é o principal destino do material (73%), constatação que vai de encontro ao percurso no sentido horário (Quinagem → Embalamento). Quanto à Ferramentaria, mais de metade do material (56%) tem como destino os setores da Quinagem e Maquinação que favorecem o percurso no sentido horário. Os restantes setores foram também analisados, no entanto, a sua importância para o estudo do percurso mais adequado não é tão significativa.

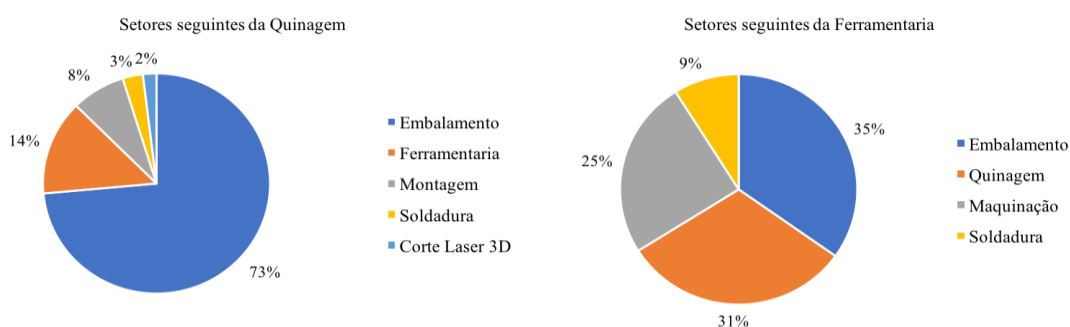


Figura 26 - Setores seguintes da Quinagem e Ferramentaria com base na análise de OF's.

3. Acompanhamento da produção

Como complemento do estudo anterior, utilizou-se o estudo do acompanhamento da produção (realizado para obter o *stock* de segurança mais adequado a cada setor) para obter conclusões adicionais acerca do fluxo do material na fábrica. O documento entregue aos operadores (Anexo I) e preenchido por estes, teve como objetivo conhecer a quantidade de paletes expedidas por dia de um setor, assim como saber qual o destino destas na produção, ou seja, qual o setor para que seriam enviadas. Assim, realizou-se uma contagem de paletes por setor. O Anexo N contém a contagem realizada neste estudo, a qual foi a base para os gráficos criados.

Relativamente ao setor de partida CL2D, os resultados deste estudo não diferem muito do anterior, apesar da Quinagem apresentar um papel mais importante como se observa no gráfico da Figura 27. Mais uma vez, os setores pertencentes ao pavilhão 1 em conjunto têm uma importância maior (71%) do que o Embalamento.

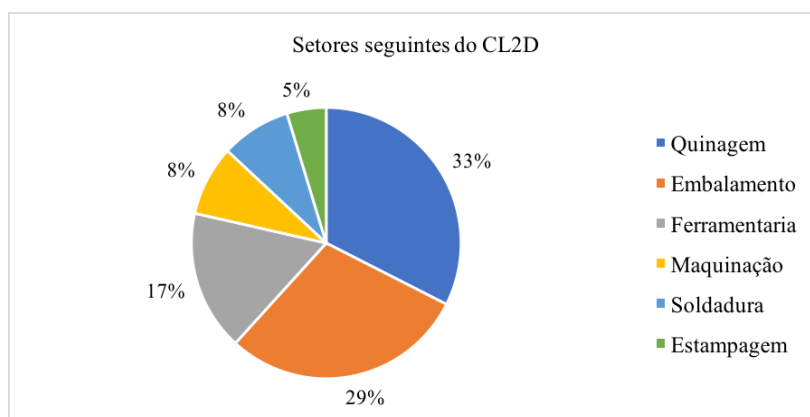


Figura 27 - Setores seguintes do CL2D com base na contagem de paletes.

Pela análise dos gráficos da Figura 28, percebe-se que o Embalamento é, de novo, o setor de destino mais frequente do material da Quinagem (46%). Na análise ao setor da Ferramentaria, a Quinagem é o setor seguinte mais comum (53%). Ambas estas constatações apoiam a escolha da rota com sentido horário.

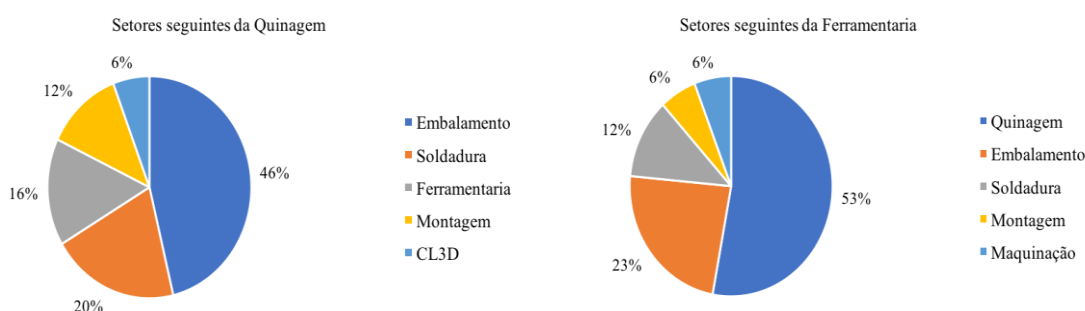


Figura 28 – Setores seguintes da Quinagem e Ferramentaria com base na contagem de paletes.

Com base nos estudos realizados, a opção escolhida para a rota do comboio logístico foi a opção 1 (Anexo F). Dado que existe um grande fluxo de peças entre os setores do pavilhão 1, optou-se por movimentar primeiro o material entre estes e só depois prosseguir para o pavilhão 2, onde todas as peças acabam o seu processo produtivo.

O percurso escolhido para a rota do comboio logístico, tendo em conta todos os setores e pontos de paragem necessários e considerando os vários postos de trabalho do setor Embalamento que exigem paragens distintas, foi:

1. CL2D;
2. CL3D;
3. Monta-cargas (Soldadura);
4. Ferramentaria;
5. Maquinação;
6. Estampagem;
7. Quinagem;
8. Pintura;
9. Embalamento Série;
10. Montagem;

11. Embalamento Geral e Subcontrato;
12. Zona de Matérias-Primas e Subcontratação.

4.1.7 Procedimento e regras de funcionamento

O passo seguinte na implementação do comboio logístico foi a definição do seu procedimento de atuação. Para tal, pensou-se em todas as tarefas que precisam de ser realizadas pelo operador logístico e definiu-se uma ordem para estas, de modo a que todos os processos fossem padronizados. Para além disto, definiram-se algumas regras inerentes ao funcionamento do comboio.

Primeiramente, dado que o comboio é operado pelos dois colaboradores logísticos existentes na empresa, foi decidido que este funcionaria no horário de trabalho dos mesmos, ou seja, das 06:00h às 22:00h, em dois turnos de 8 horas cada.

Seguidamente, é importante referir que as duas principais tarefas atribuídas ao comboio são o transporte de material e a reposição do *stock* de *trolleys* em cada setor. Assim, antes de mais, foi necessário decidir qual das duas se realiza primeiro de cada vez que se inicia um novo circuito do comboio. Como se percebe, apenas existiam 2 opções: realizar primeiro o transporte de material entre setores e só depois fazer a reposição de *trolleys* ou então o inverso. A opção escolhida foi a segunda, a qual implica a reposição de *trolleys* antes do transporte de material. Escolheu-se esta opção, pois para que o transporte das peças já processadas seja possível, é essencial que todos os setores tenham *trolleys* suficientes para tal ao dispor dos seus operadores. Assim, o comboio possui 2 ciclos, realizados segundo a rota definida anteriormente:

- Ciclo 1 – Reposição do *stock* de *trolleys* em cada setor;
- Ciclo 2 – Transporte de material entre os diferentes setores.

De seguida, explica-se detalhadamente cada um dos ciclos.

1. Reposição do *stock* de *trolleys* em cada setor

Este ciclo inicia-se às 06:00h de todos os dias e processa-se segundo o explicitado de seguida. O operador logístico carrega todas as carruagens do comboio com *trolleys* (com paletes vazias já inseridas) e inicia a rota. À medida que faz o levantamento de necessidades de *trolleys* em cada setor, vai repondo o seu *stock*. Se em algum ponto do seu percurso já tiverem sido entregues todos os *trolleys* que possuía consigo, o operador regressa ao local de armazenamento geral de *trolleys* vazios, volta a encher o comboio e recomeça a reposição de *trolleys* no setor onde antes tinha interrompido o ciclo. Quando todos os setores tiverem o seu *stock* de segurança de *trolleys* reposto, este ciclo estará finalizado.

É de referir que quando o colaborador logístico enche o comboio de *trolleys* com vista à sua reposição, tem de se certificar que todos contêm paletes vazias já inseridas. Tal é obrigatório para o correto funcionamento de todo o processo.

Por outro lado, para que o colaborador saiba qual o *stock* de segurança de *trolleys* de cada setor, colocou-se uma folha no comboio e no empilhador com os valores do *stock* de cada um destes. Deste modo, o operador consegue saber de forma rápida e simples qual a quantidade necessária de *trolleys* em cada setor e, por sua vez, qual a quantidade a repor.

O setor de Soldadura, como se situa num andar diferente, implica que o colaborador desça através do monta-cargas, levando consigo alguns *trolleys* vazios. De seguida, realiza uma pequena vistoria ou pergunta ao chefe de setor quantos *trolleys* estão em falta, fazendo de imediato a sua reposição.

2. Transporte de material entre os diferentes setores

No que diz respeito ao transporte de material através do comboio, foram elaborados, numa fase inicial, dois procedimentos diferentes. Após uma análise cuidada de ambos, escolheu-se qual o melhor a ser implementado.

- Procedimento 1: este é o mais simples dos dois procedimentos e consiste em carregar o comboio num determinado setor (com carga máxima ou não) e depois descarrega-lo nos setores correspondentes, ou seja, não existem cargas intermédias. Desta forma, é feita uma carga e, de seguida, à medida que o comboio vai atingindo as zonas de *Drop-Off-Point* (DOP), também chamadas de zonas *IN* e *OUT*, realiza todas as descargas necessárias até o comboio estar vazio. Na Figura 29, é possível verificar o fluxograma deste procedimento.

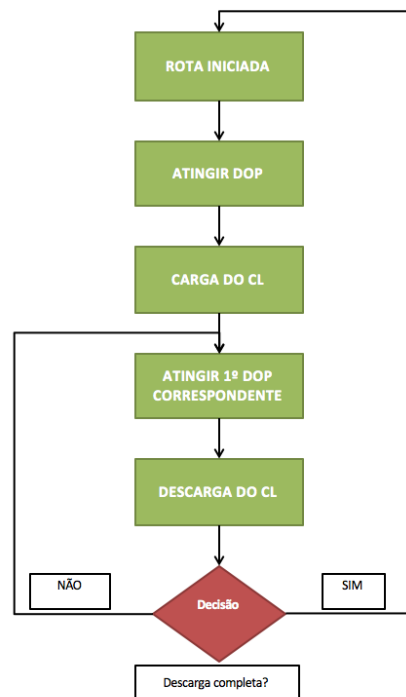


Figura 29 - Procedimento 1 de transporte de material (não implementado).

Após a análise desta opção, verificou-se que com a implementação deste procedimento, a capacidade do comboio iria ser desaproveitada e iriam-se realizar voltas desnecessárias à fábrica, o que incorreria num gasto excessivo de tempo. Assim, prosseguiu-se para a realização de outro procedimento.

- Procedimento 2: este procedimento é um pouco mais completo que o anterior. Segundo este, uma vez iniciada a rota, o comboio vai fazendo sucessivas cargas e descargas à medida que vai percorrendo e alcançando os diferentes DOP. O percurso será terminado quando todas as paletes que estão no *IN* dos setores, estiverem no *OUT* dos setores correspondentes, ou seja, quando se atingir a última paragem da rota (DOP final) e o comboio estiver vazio. Na Figura 30, apresenta-se o fluxograma deste procedimento.

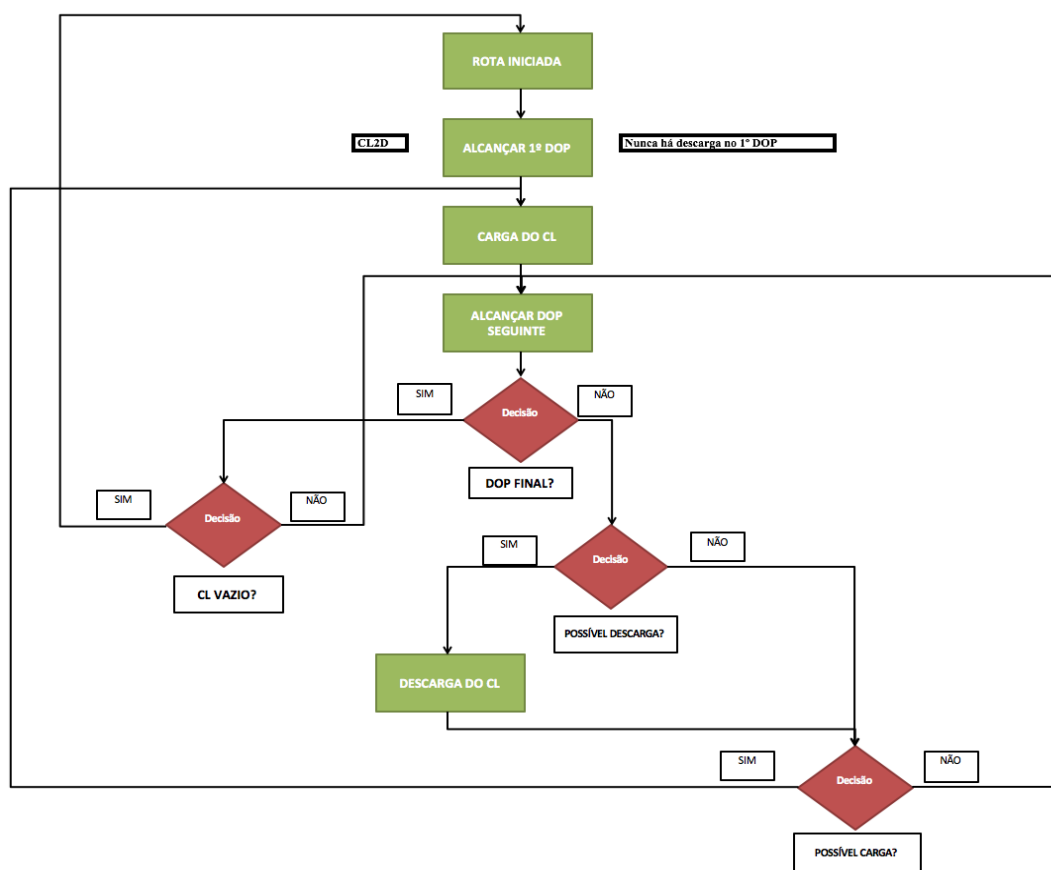


Figura 30 - Procedimento 2 de transporte de material (implementado).

Este método permite colmatar as falhas do anterior, no sentido em que a capacidade do comboio é melhor aproveitada e se realiza o mínimo de voltas possível à fábrica, poupando-se tempo. Assim, este foi o procedimento escolhido e implementado na empresa.

Após a escolha do procedimento a implementar para o comboio, foi importante perceber de que forma iria ser feita a movimentação de cargas no setor de Soldadura. Tal como acontece com a reposição de *trolleys*, ficou definido que o operador logístico utiliza o monta-cargas para fazer chegar o material a este setor. Ao chegar ao andar inferior, o operador distribui os *trolleys* pelas zonas de *IN* dos diferentes postos de trabalho e na volta ao andar principal da fábrica, traz consigo o material que se encontra nas zonas de *OUT*.

Quanto aos setores do pavilhão 2, Montagem e Embalamento, é de salientar que nestes apenas são efetuadas descargas de material, pois como são dois processos finais para todas as peças, todas estas acabam o seu ciclo produtivo neste pavilhão. Assim, após a descarga dos *trolleys* nestes setores, as paletes com material são retiradas destes, os quais são recolhidos e armazenados no local de deposição de *trolleys* vazios, previamente definido. A movimentação de material entre estes setores, nomeadamente da Montagem para o Embalamento e deste último para a zona de Expedição, é realizada através do empilhador ou porta-paletes manual.

Dado que os *trolleys* produzidos na empresa foram dimensionados para transportar peças de dimensões pequenas a médias, visto serem o principal tipo de peças a circular na empresa, verificou-se que o transporte de peças de grandes dimensões não seria possível sem a utilização de um *trolley* diferente. Assim, foi proposta a criação de um *trolley* adequado ao transporte de peças maiores, o qual se encontra ainda em fase de projeto na empresa, não tendo sido implementado até à data de conclusão deste projeto. Deste modo, após a movimentação de cargas com recurso ao comboio, o colaborador logístico tem ainda a função de transportar as peças de elevadas dimensões que não podem ser movimentadas pelo

comboio. Para tal, são utilizados o empilhador e o porta-paletes manual, sendo seguido o mesmo procedimento adotado para o comboio. O transporte com recurso a estes dois meios acontece poucas vezes dado que o comboio é capaz de transportar praticamente todas as peças na fábrica.

Numa primeira fase, optou-se por realizar todo o circuito logístico explicitado anteriormente de uma forma contínua na fábrica, sem um tempo de rota definido. Tal deveu-se ao facto de na Quantal S.A. não serem conhecidas as quantidades de material necessárias em cada setor dado que o consumo na produção não é constante. Decidiu-se assim que, só após um período grande de análise do processo, se pode perceber se é possível definir um tempo específico de rota.

Uma vez determinado o modo de atuação do comboio logístico, estabeleceram-se as suas principais regras de funcionamento, presentes na Tabela 9. Ambos os colaboradores logísticos receberam uma formação acerca do comboio e procedimento a seguir, assim como também lhes foram transmitidas todas estas regras, essenciais ao correto funcionamento da logística interna.

Tabela 9 – Regras de funcionamento do comboio logístico.

Regras de funcionamento do comboio logístico	
1	O operador do CL deve realizar o ciclo 1 no início do turno da manhã (6:00h). Depois de completado o ciclo 1, deve, seguidamente, iniciar o ciclo 2.
2	A rota do CL pode ser encurtada se necessário. Isto é, se o último ponto de descarga se encontra algures no meio da rota, então o CL não é obrigado a realizar uma rota completa.
3	O CL não faz carga nos seguintes setores: Embalamento Geral, Embalamento Série, Embalamento Subcontrato e Montagem.
4	O operador do CL deve retirar as paletes que estão sobre <i>trolleys</i> nos setores Embalamento Geral, Embalamento Série, Embalamento Subcontrato e Montagem.
5	O operador do CL é responsável pela carga, e descarga, de peças no monta-cargas (setor de soldadura).
6	O operador do CL é responsável pela reposição de <i>trolleys</i> nos diferentes setores.
7	Quando a rota está concluída, o operador do comboio logístico deve verificar que setores necessitam de <i>trolleys</i> com paletes vazias e entregar os <i>trolleys</i> nos setores correspondentes.
8	Se um <i>trolley</i> se encontra no <i>IN</i> por mais de 1 turno (8h), então a paleta deve ser retirada e colocada no chão e o <i>trolley</i> na área de <i>Stock</i> do setor correspondente. Garantir esta regra pelo menos para os setores onde não se fazem cargas.

4.2 Sistema de cores

Inicialmente, para identificar o setor de destino de uma paleta, o operador logístico era obrigado a procurar a Ordem de Fabrico do material a transportar e através de uma leitura cuidada, fazer essa identificação. Este era um processo muito demorado, que para além de causar erros na distribuição de material, implicava um esforço grande por parte do operador.

Como resposta ao problema identificado, criou-se um sistema que permitisse esta identificação de forma simples e intuitiva. O método criado consiste na utilização de um sistema de cores, no qual cada setor é identificado por uma determinada cor, sendo através desta que o operador logístico reconhece cada um deles. Na Tabela 10, apresentam-se as cores atribuídas a cada setor.

Tabela 10 - Cor atribuída a cada setor.

Setor	Cor
Soldadura MAG	
Soldadura Resistência	
Soldadura Robot (LASER, MAG, outros)	
Soldadura TIG	
Montagem	
Maquinação	
Ferramentaria	
Corte LASER 2D	
Corte LASER 3D	
Quinagem (Cravar, Calandrar, Acabamento)	
Estampagem	
Embalamento (Série)	
Embalamento (Subcontrato)	
Embalamento (Geral)	
Expedição	
Pintura	
ESPAM	
Serrote	
Qualidade	

Para a implementação deste sistema, criaram-se cartões de papel colorido com o nome de cada setor, posteriormente plastificados, os quais são colocados nas paletes pelos operadores de cada setor juntamente com o material, quando estas são colocadas na zona de *OUT*. Desta forma, o operador logístico consegue identificar o setor de destino de cada paleta de forma rápida e eficaz, assim como detetar mais eficazmente o material que precisa de ser movimentado. Quando as paletes chegam ao seu destino, os operadores desse setor retiram os cartões e armazenam-nos num local apropriado. Na Figura 31, apresenta-se um exemplo destes cartões.



Figura 31 - Exemplo de um cartão de identificação de um setor.

Para que os operadores logísticos consigam identificar rapidamente cada setor pela sua cor, pelo menos numa primeira fase em que estes ainda não estão familiarizados com o novo sistema, decidiu-se colocar no comboio e no empilhador uma pequena folha com todas os setores e respetivas cores, como se vê na Figura 32. Esta folha, mencionada anteriormente, contém também os valores do *stock* de segurança de *trolleys* definidos.



Figura 32 - Folha com as cores de cada setor para auxílio da sua identificação.

É de referir que todos os cartões apresentam o nome do setor. Assim, no caso dos setores de Soldadura e Embalamento, que se dividem em vários tipos dentro do mesmo setor, a distinção entre eles é feita através do nome de cada tipo em específico, o qual se encontra inscrito no cartão, já que dentro de um mesmo setor todos apresentam a mesma cor. Relativamente aos setores de Ferramentaria e Maquinação, estes têm a mesma cor por vontade do orientador da empresa. O mesmo acontece com os setores de Corte LASER 2D e 3D.

Relativamente ao número de cartões produzidos, inicialmente decidiram-se as quantidades a produzir para cada setor. Numa primeira fase, estas foram escolhidas de forma um pouco aleatória, mas ainda assim teve-se em conta os setores com mais fluxo de material na fábrica, aos quais foi atribuído um maior número de cartões. À medida que o comboio foi testado, fez-se um levantamento de necessidades de cartões em todos os setores e seguidamente produziram-se mais. O Anexo O, apresenta as quantidades de cartões produzidas ao longo do tempo, onde se pode ver que, aos 740 iniciais, foram acrescentados cartões a mais 3 setores, ficando a empresa com um total de 810 cartões a circular.

Após a criação do sistema de cores, surgiu a necessidade de definir o local onde os cartões iriam ser armazenados. Para tal, projetou-se um posto de informação (Anexo P). Este foi desenhado pelo Engenheiro Francisco Santos e produzido internamente na empresa. A sua função é armazenar os cartões de identificação dos setores e conter alguma informação acerca do funcionamento do comboio logístico, como por exemplo, os valores do *stock* de segurança de *trolleys* definidos anteriormente. Por razões alheias ao projeto, o posto de informação não foi produzido durante o período de realização do mesmo. Assim, numa primeira fase, os cartões foram armazenados em cada posto de trabalho de cada setor dentro de um suporte com divisórias, tal como exemplificado na Figura 33.



Figura 33 - Cartões armazenados num suporte com divisórias.

É importante realçar que, com a introdução do sistema de cores na forma dos cartões coloridos, surgiu a necessidade de verificar quando seria feita a redistribuição destes ao longo do tempo, dado que as quantidades de cartões se vão alterando em todos os setores. Assim, decidiu-se que, após serem realizados os dois ciclos do comboio, mencionados anteriormente, o operador está ainda encarregue de redistribuir os cartões de identificação dos setores que, ao longo do tempo, se vão dispersando entre estes. Esta tarefa é realizada cerca de 2 a 3 vezes num turno, quando o operador logístico verificar que há setores na iminência de possuir cartões em falta ou em excesso ou quando os operadores de cada setor o informarem nesse sentido. Desta forma, o controlo dos cartões fica a cargo do operador do comboio.

Tendo em conta a introdução do sistema de cores na fábrica e tendo como objetivo a correta implementação do comboio, também os operadores de todos os setores da fábrica receberam formação acerca das regras gerais a cumprir. Estas são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Regras de funcionamento relativas aos setores.

Regras de funcionamento relativas aos setores	
1	Cada colaborador, à medida que processa o material, deve colocá-lo numa paleta, a qual apenas deve conter material processado que tenha o mesmo setor como destino. No Anexo Q é possível ver um exemplo desta regra.
2	Um <i>trolley</i> está pronto a ser transportado quando se encontra na zona de <i>OUT</i> e contém o cartão de identificação do setor de destino. As duas condições têm de se verificar para que o <i>trolley</i> possa ser transportado.
3	Cada colaborador apenas deve ter no máximo dois <i>trolleys</i> na sua área de trabalho (o que contém o material a processar e o que contém o material processado).
4	O colaborador que coloca a paleta no <i>OUT</i> é responsável por colocar o cartão de identificação do setor de destino.
5	O colaborador que retira a paleta com material do <i>IN</i> , para a sua área de trabalho (de maneira a começar a processar o material) deve, nesse momento, retirar o cartão de identificação e colocá-lo na estante de cartões que se encontra em cada setor.

Para garantir que os operadores de cada setor têm sempre presentes estas regras, colocou-se em cada setor, junto aos cartões de identificação, folhas com todas as regras relativas aos setores, tal como se observa na Figura 34. O Anexo R contém o documento criado.

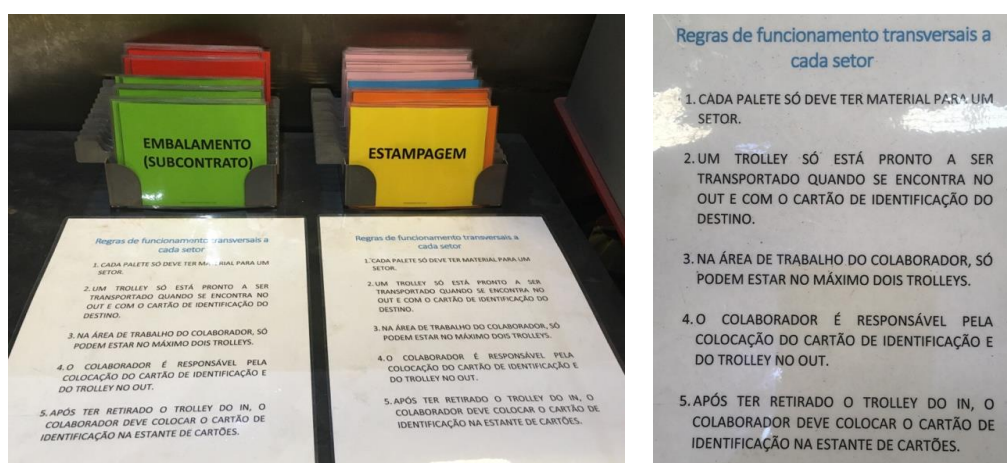


Figura 34 – Folhas informativas com as regras de funcionamento do comboio logístico relativas aos setores.

4.3 Identificação e organização do espaço

4.3.1 Zonas de *IN* e *OUT*

Inicialmente, algumas das zonas de carga e descarga de material (DOP), encontravam-se por identificar, sendo estas apenas do conhecimento dos operadores de cada setor, visto que não tinham qualquer sinalização. Tal acontecia com as zonas de *IN* da Estampagem e da receção de matéria prima e subcontratação. Assim, identificou-se devidamente estas zonas com a fita amarela característica da zona de carga. O setor de Ferramentaria, por sua vez, não possuía identificação em ambas as zonas de *IN* e *OUT*, e a área usada para o efeito não era a mais adequada, uma vez que ocupava parte do corredor da fábrica. Esta situação foi corrigida através da arrumação do material que impedia a correta utilização do espaço e da sinalização adequada das zonas de carga e descarga, como se observa na Figura 35.



Figura 35 – Zonas de *IN* e *OUT* da Ferramentaria após arrumação e correta sinalização.

Relativamente à zona de *OUT* da Maquinação, alterou-se a sua localização para junto da zona de *IN* do setor, visto que havia espaço para tal e ambas se encontravam afastadas. Assim, aproveitou-se melhor o espaço e fez-se com que as manobras do operador logístico diminuíssem.

Um dos problemas mais difíceis de resolver era a desarrumação da zona de *IN* da Maquinação que continha muitas ferramentas e acessórios de produção, assim como bastante material à espera de ser processado. Para resolver esta questão, procedeu-se a uma arrumação das ferramentas e sua colocação nas estantes que se encontravam vazias, de modo a libertar espaço nesta zona. Foi também utilizada para este efeito uma estante de prateleiras que se encontrava na Ferramentaria e que não estava a ser aproveitada. Esta foi colocada junto às zonas de *IN* e *OUT* da Maquinação, ajudando a libertar espaço nesta área, como se vê na Figura 36.



Figura 36 – Estante colocada no setor de Maquinação para arrumação de ferramentas.

Na zona de Pintura propôs-se a colocação das devidas sinalizações nas zonas de *IN* e *OUT*, pois estas estavam em falta. No entanto, como se trata de um processo novo na empresa, ainda em desenvolvimento, estas correções não foram aplicadas durante o período de realização do projeto.

No Anexo S, está presente o novo *layout* da fábrica, no qual se podem observar todas as alterações realizadas nas zonas de *IN* e *OUT*.

4.3.2 Organização do espaço

Um dos problemas com maior relevância na empresa era a desorganização do espaço na fábrica. Tal como referido no capítulo 3, este problema provocava inúmeras dificuldades na logística interna, nomeadamente, no fluxo de material entre setores. Deste modo, foram realizadas arrumações na fábrica, as quais incluíram a arrumação de materiais e objetos auxiliares à produção que se encontravam em locais impróprios, tais como locais de passagem, e foram transmitidas aos operadores um conjunto de regras essenciais ao bom funcionamento e harmonia da fábrica.

As regras definidas e transmitidas aos operadores foram as seguintes:

- Os materiais, objetos e ferramentas auxiliares da produção devem ser guardados nos locais próprios e previamente definidos após serem utilizados;
- Os materiais e peças a serem transportados pelo comboio ou em espera para serem processados devem encontrar-se nas zonas de *IN* e *OUT* e não ultrapassar os limites definidos para estas;
- Os corredores devem estar sempre desobstruídos (não é permitido colocar nada nos locais de passagem a não ser que seja por um curto período de tempo e de extrema necessidade e não impeça a passagem do comboio);
- Em caso de dúvida acerca do local próprio de qualquer objeto, o operador deve perguntar ao líder de setor.

Na Figura 37, é possível observar a melhor organização dos corredores após arrumação do material e formação dos operadores em comparação com a situação inicial.

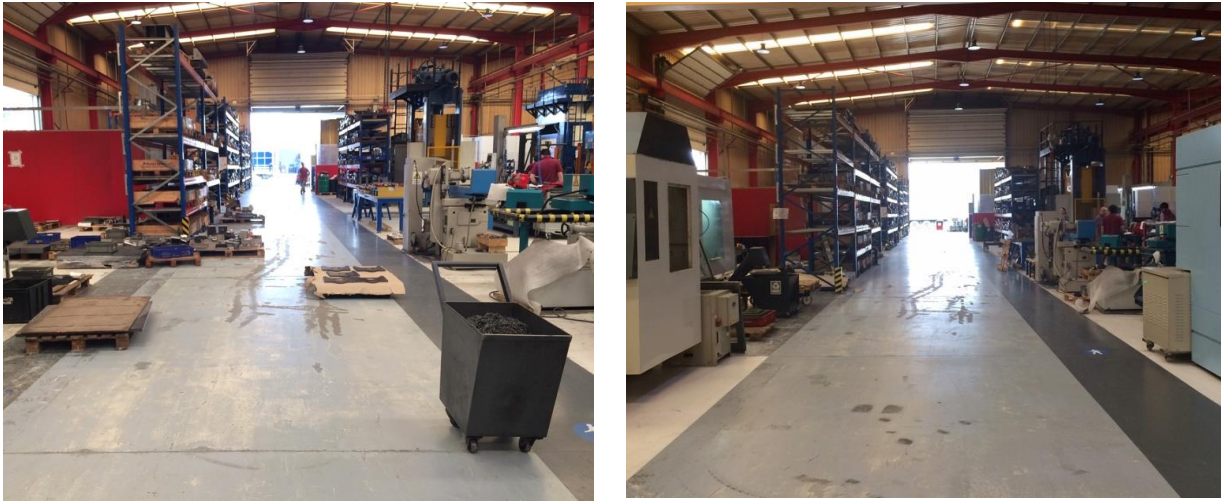


Figura 37 – Corredor da fábrica antes (esquerda) e depois (direita) da sua arrumação e organização.

4.4 Sistema de avaliação e deteção de erros

No sentido de detetar e avaliar não conformidades na logística interna da empresa e de verificar se as regras estabelecidas em cada setor estão a ser cumpridas, nomeadamente a regra presente no Anexo Q, surgiu a ideia de criar um sistema de avaliação da separação de material, ou seja, um sistema que permitisse verificar se aquando da preparação do material no *OUT* de cada setor, ocorrem erros. Para tal, criou-se um programa informático que permite registar erros e avaliar qual o setor que melhor ou pior efetua a separação de material e ainda se existem erros recorrentes no mesmo setor.

O programa é utilizado pelos operadores de cada setor, sendo realizado um registo quando, para além do material a ser processado nesse mesmo setor, uma paleta contém material que está no local errado. Um operador deteta o erro e imediatamente a seguir deve registar no computador do seu posto de trabalho a referência da OF que se encontra no local errado, assim como a quantidade de peças que essa OF contém e qual o setor que expediu a paleta erradamente.

Para que o registo seja realizado corretamente, o programa deve ser capaz de cumprir os seguintes pressupostos:

- O utilizador, no sistema informático, é obrigado a preencher todos os campos;
- Os campos relativos ao número da OF e à quantidade de peças desta são obrigatoriamente numéricos;
- O utilizador escolhe o setor que gerou o erro dentro de uma lista que contém todos os setores que expedem paletes na fábrica;
- Quando o utilizador confirmar o registo deve aparecer uma mensagem a indicar o sucesso do registo.

O programa foi adaptado a cada setor e intitula-se “CL_SigladoSetor”, dependendo do setor em que seja feito o registo. Para reunir os dados registados em cada setor foi criado um programa similar intitulado “Master_CL” cuja função é a importação de todos os registos.

O programa foi criado no *Windows Excel*, utilizando a ferramenta de código VBA. Para uma visualização mais detalhada do programa criado sugere-se a revisão do Anexo T.

Para além das não conformidades provenientes da má separação de material, podem também ocorrer falhas na logística interna da empresa devido aos erros existentes nas Ordens de Fabrico. Tal como mencionado no capítulo 3, estas podem ter erros nas operações ou na sua sequência, fazendo com que essas peças vão para os setores errados na produção.

Com o objetivo de detetar esses erros e de os corrigir, criou-se uma folha de registo de erros (Anexo U), colocada nos postos de trabalho de todos os setores. De cada vez que um operador deteta que uma determinada Ordem de Fabrico está incorreta, deve preencher a folha com a referência da OF e uma descrição sucinta do erro em causa.

Como, por vezes, também os desenhos técnicos das peças estão errados e sendo os operadores da fábrica quem melhor conhece todo o material na produção, decidiu-se que a folha de registo também seria usada para detetar erros nos desenhos. De cada vez que um erro seja detetado, o operador deve seguir o mesmo procedimento de preenchimento dos erros das OF's.

4.5 Resultados obtidos

A implementação do comboio logístico na fábrica da Quantal S.A. introduziu inúmeras melhorias no funcionamento da logística interna da empresa, visto que praticamente todo o processo de movimentação de peças e materiais foi alterado. Tal aconteceu, não só devido à introdução do comboio em si, como também devido às várias alterações e melhorias propostas, essenciais ao seu correto funcionamento. A maior parte destas tiveram um impacto significativo no funcionamento da produção embora os seus resultados sejam difíceis de mensurar. Assim, a própria implementação apresenta-se como o maior resultado.

Com a implementação do comboio foi possível otimizar o *picking* e o abastecimento das linhas de produção e eliminar tempos desnecessários. No sentido de demonstrar que a utilização do comboio permitiu diminuir vários tempos de tarefas, que anteriormente eram unicamente realizadas com recurso ao empilhador, e dado que, apesar da rota estar estipulada, não haver percursos fixos devido à imprevisibilidade da produção já mencionada, simulou-se com o comboio e o empilhador um dos percursos mais comuns na fábrica: CL2D-Ferramentaria-Maquinação-Quinagem-Embalamento. O objetivo da simulação foi medir o tempo que o comboio e o empilhador demoram a transportar 4 paletes que partem do CL2D, sendo deixada uma paleta em cada setor do percurso. Enquanto o comboio parte do setor inicial com as 4 paletes carregadas e simplesmente segue a rota, realizando sucessivas paragens e descargas, o empilhador carrega e descarrega apenas uma paleta de cada vez, tendo sempre que voltar ao setor inicial para continuar a sua tarefa.

Na Tabela 12, apresentam-se os tempos medidos (Anexo V) relativamente ao teste realizado pelo operador logístico antes e após a utilização do comboio logístico. Por comparação é possível concluir que só neste percurso e apenas contabilizando a carga, descarga e transporte de paletes, pouparam-se 2,87 minutos, que corresponde a uma diminuição de 39% do tempo de realização desta tarefa. Esta redução de tempo serve de exemplo para mostrar que em todos os percursos efetuados pelo comboio são eliminadas deslocações desnecessárias. Dado o limite temporal deste projeto, não foi possível realizar mais testes ao desempenho do comboio.

Tabela 12 - Tempo de realização de um percurso antes e após implementação do comboio.

Tarefa	Cenário	Transporte	Tempo (min)	Poupança (min)
Percurso: CL2D-FERR-MAQ-QUI-EMB	Antes	Empilhador	7,41	2,87
	Depois	Comboio logístico	4,54	

Para além da eliminação de tempos desnecessários, a implementação do comboio permitiu também diminuir o risco de danos e quedas do material, os quais eram bastante frequentes com a utilização do empilhador. Através de observação e diálogo com os operadores logísticos ficou claro que o comboio é um meio de transporte mais estável e seguro, não estando sujeito a tantos acidentes. Deste modo, com o comboio como meio principal de transporte, o material circula de forma mais segura.

O sistema de cores adotado permitiu facilitar e simplificar a tarefa dos colaboradores logísticos, tratando-se de um método bastante intuitivo. Verificou-se também que, com o novo sistema, o tempo gasto na identificação dos setores de destino das paletes é menor. Por outro lado, dado que as Ordens de Fabrico muitas vezes encontram-se incorretas, verificou-se que, com o sistema de cores, ocorrem menos erros na distribuição de material.

A definição e alteração das zonas de *IN* e *OUT* permitiu melhorar substancialmente a localização e visualização do material, dado que os limites para a colocação deste estão agora claramente definidos. Assim, agora os operadores sabem onde colocar o material a ser transportado e cumprem as zonas estipuladas, ao contrário do que acontecia anteriormente.

O trabalho desenvolvido na organização da fábrica teve um grande impacto visual e uma melhoria do seu funcionamento. Com as medidas adotadas, a movimentação nos corredores é agora muito mais fácil, permitindo que o comboio logístico e o empilhador circulem numa via segura e desobstruída. Todos os materiais e ferramentas estão acessíveis, sendo também fácil movimentá-los.

5 Conclusões

5.1 Conclusões do projeto

No presente capítulo são apresentadas as conclusões do projeto realizado na empresa Quantal S.A. e são sugeridas ideias e recomendações para trabalhos futuros.

A melhoria contínua e as ferramentas *Lean* têm, ao longo do tempo, constituído metodologias de gestão eficazes, utilizadas pela empresa com o objetivo de responder às exigências dos clientes com os menores custos possíveis. Um dos principais desafios da Quantal S.A. é tornar o fluxo de informação e material ao longo da fábrica, um processo fluido e ágil, com vista à eliminação de desperdícios e maior eficiência da produção. Este desafio, assumido e desenvolvido neste projeto, exigiu um trabalho exaustivo, que não ficou concluído no período de realização da dissertação. Ainda assim, contribuiu de forma preponderante para a introdução de diversas melhorias na empresa.

O objetivo principal do projeto realizado passou pela implementação de um comboio logístico e ferramentas *Lean Manufacturing*, no sentido de melhorar o funcionamento da logística interna da empresa. Para tal, iniciou-se o projeto fazendo uma análise à situação atual da empresa, na qual se identificaram os principais problemas na área em estudo. Após este reconhecimento e tendo em conta o crescimento da atividade da empresa, avançou-se com a proposta de implementação do comboio e de diversas melhorias inerentes ao seu correto funcionamento.

Em relação ao primeiro objetivo específico, este foi conseguido dado que o processo de transporte de material entre setores foi melhorado através da implementação do comboio logístico. Esta implementação dividiu-se em várias etapas, iniciando-se na definição dos pressupostos iniciais e na escolha do veículo e *trolleys* utilizados no transporte de material, seguida da definição da rota a adotar e do procedimento e regras de funcionamento a seguir.

A implementação do comboio como meio principal de transporte permitiu eliminar desperdícios de movimentação e transporte, melhoria que se traduziu numa redução de tempo das tarefas anteriormente realizadas na sua maioria pelo empilhador. Em apenas um dos percursos mais realizados na empresa pelo operador logístico (CL2D-Ferramentaria-Maquinação-Quinagem-Embalamento) foi possível poupar 2,87 minutos, sendo este apenas um exemplo do impacto do comboio na eficiência da logística interna. Para além disto, diminuíram as quedas de material e o risco de este se danificar dada a estabilidade e segurança garantida por este novo meio de transporte.

Quanto ao segundo objetivo específico, foi implementado um sistema de cores, cuja criação teve por base as dificuldades na identificação do destino do material após processamento e que permitiu agilizar esta tarefa, tornando fácil e intuitiva a identificação do setor de destino de cada paleta na fábrica.

Relativamente ao terceiro objetivo específico, alcançou-se uma melhoria significativa na identificação e organização do espaço. As zonas de *IN* e *OUT* passaram a estar visíveis e arrumadas e os corredores da fábrica foram organizados, tendo sido estabelecidos lugares próprios para as ferramentas auxiliares à produção. Foram também definidas regras no sentido de manter a organização, as quais foram transmitidas aos operadores. Estas medidas permitiram melhorar o fluxo de informação e materiais, tornando os processos logístico e produtivo mais fluidos e equilibrados.

Quanto ao quarto objetivo específico, este foi identificado ao longo do projeto e consistiu na criação de ferramentas que permitem a avaliação e deteção de erros na logística interna, pretendendo evitar falhas na distribuição de peças e, consequentemente, evitar desperdícios de tempo.

No geral, as soluções implementadas melhoraram o funcionamento da logística interna da empresa, apesar de não ter havido tempo suficiente para obter um maior número de resultados. Dado que o projeto foi desenvolvido de raiz, a sua implementação foi o maior resultado.

5.2 Trabalhos futuros

Como complemento ao projeto desenvolvido, é de realçar que existe espaço de progressão para um estudo mais aprofundado e alargado a outras áreas, apresentando-se algumas perspetivas de trabalho futuro.

No sentido de adotar o comboio logístico como único meio de transporte na fábrica da empresa, propõe-se a criação de um *trolley* para transporte de peças de grandes dimensões. Este permitirá eliminar a necessidade de utilização do empilhador e, por sua vez, uniformizar o processo de transporte de material.

Tendo em conta o sistema de avaliação e deteção de erros implementado, uma das principais propostas para o futuro é a análise e estudo dos seus resultados. Com base nestes, será possível perceber quais os setores onde ocorrem mais falhas na distribuição de material e implementar novas medidas para combater este problema, assim como detetar Ordens de Fabrico erradas, e proceder à sua correção.

A criação de supermercados surge como um projeto de grande importância no futuro, dado que não existe um local de armazenamento intermédio para os materiais. Estes permanecem junto às linhas de produção durante um tempo indefinido, dificultando os processos logístico e de produção.

Sugere-se ainda a criação de um departamento ou secção de logística interna na empresa, a qual fique responsável pela gestão das movimentações de material na fábrica e pela continuação do desenvolvimento das soluções apresentadas.

5.3 Competências adquiridas pela mestranda

A realização deste projeto correspondeu aos objetivos delineados inicialmente e permitiu complementar as capacidades e competências adquiridas ao longo do curso, através da aplicação e consolidação de conhecimentos adquiridos em unidades curriculares como Logística Industrial, Programação de Computadores I, Gestão da Produção, entre outras.

Em primeiro lugar, a análise do funcionamento de toda a fábrica e em particular da área logística, exigiu uma forte componente de comunicação, tanto com os operadores logísticos como com os restantes colaboradores da empresa, permitindo desenvolver a capacidade de diálogo e espírito de equipa.

Em segundo lugar, os estudos e pesquisas realizados promoveram a autonomia e gestão do tempo para que fosse possível mostrar resultados, assim como a criatividade e capacidade de conceber e desenvolver ideias inovadoras.

Por fim, a nível pessoal, este projeto, desenvolvido em ambiente empresarial, foi uma experiência enriquecedora, pois permitiu um contacto direto com uma realidade industrial, sendo um excelente ponto de partida para uma futura Engenharia.

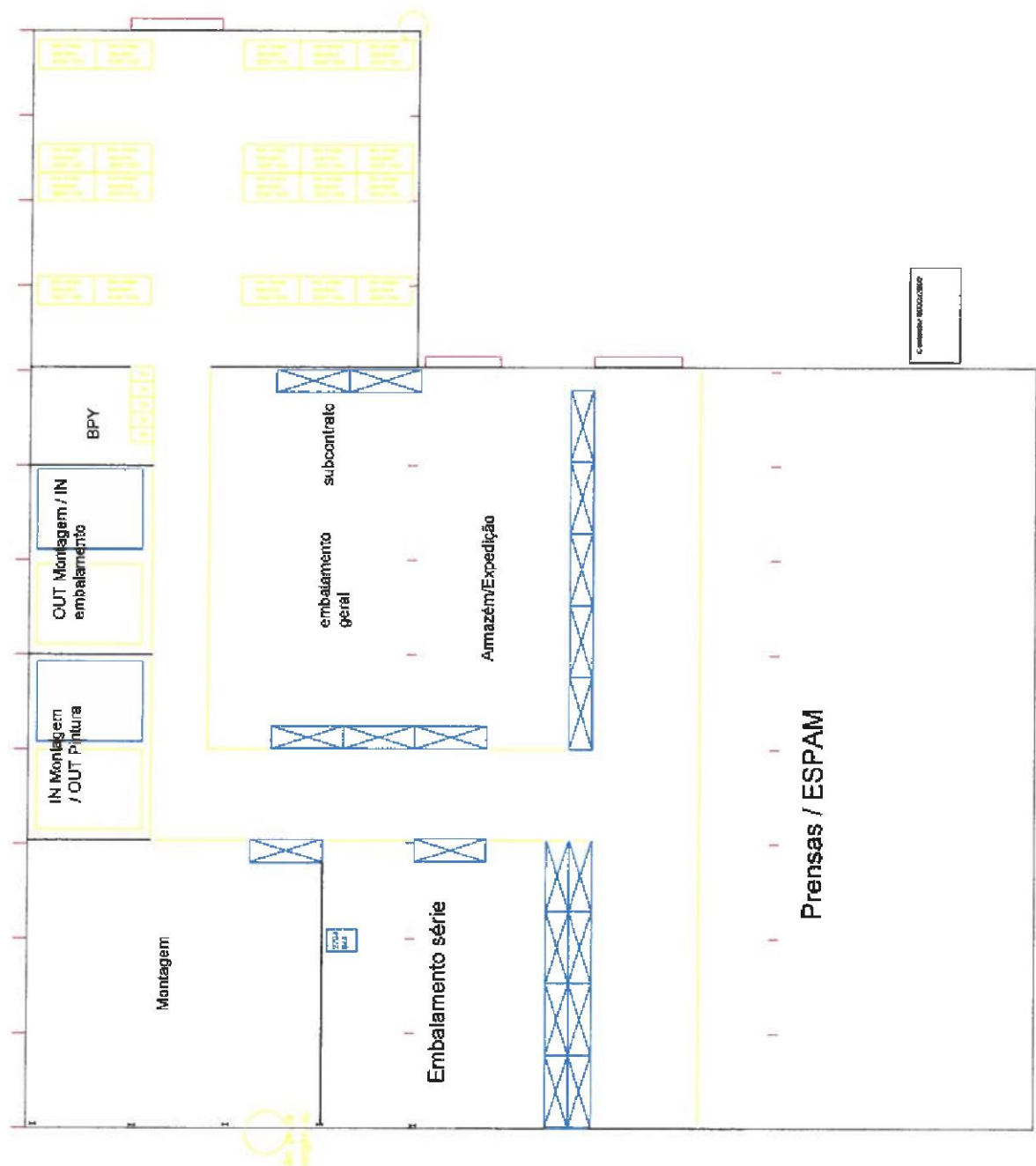
Referências

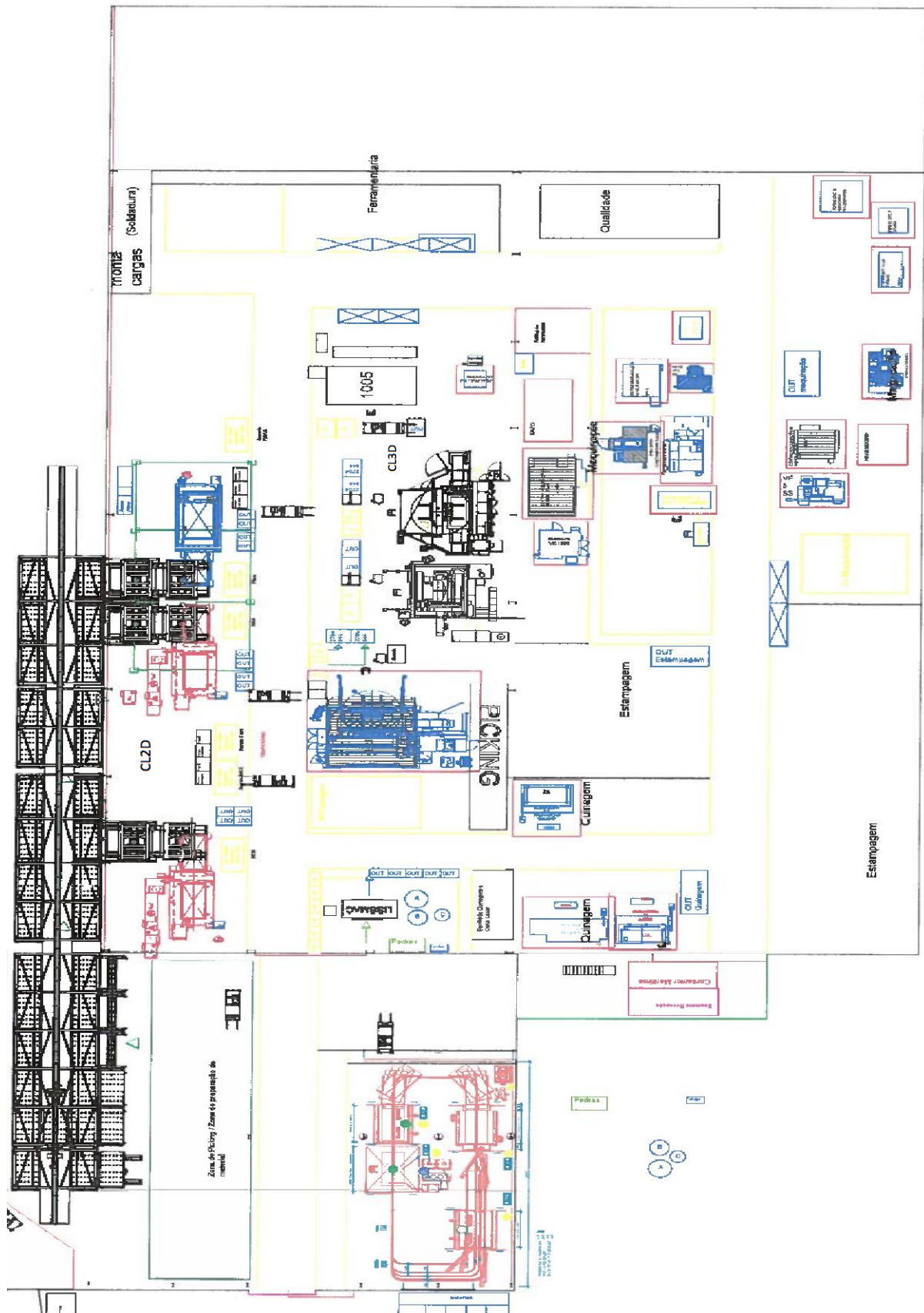
- Alves de Moura, Delmo, and Rui Carlos Botter. 2002. "Caracterização do sistema de coleta programada de peças, Milk Run." *RAE-eletrônica* 1 (1).
- Art of Lean, Inc. 2016. TOYOTA PRODUCTION SYSTEM BASIC HANDBOOK.
- Baines, Anna. 1995. "Work measurement – the basic principles revisited." *Work Study* 44 (7):10-14. doi: doi:10.1108/00438029510096553.
- Baudin, Michel. 2005. *Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*: Taylor & Francis.
- Bonney, M. C., Zongmao Zhang, M. A. Head, C. C. Tien, and R. J. Barson. 1999. "Are push and pull systems really so different?" *International Journal of Production Economics* 59 (1-3):53-64. doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2).
- Brar, Gurinder Singh, and Gagan Saini. 2011. "Milk run logistics: literature review and directions." Proceedings of the world congress on engineering.
- Chen, Lixia, and Bo Meng. 2010. "Why Most Chinese Enterprises Fail in Deploying Lean Production." *Asian Social Science* 6 (3).
- Coimbra, Euclides. 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*: McGraw-Hill Education.
- Dennis, Pascal. 2016. *Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. 3 ed: CRC Press.
- Dombrowski, U., and T. Mielke. 2014. "Lean Leadership – 15 Rules for a Sustainable Lean Implementation." *Procedia CIRP* 17:565-570. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.146>.
- Duguay, Claude R., Sylvain Landry, and Federico Pasin. 1997. "From mass production to flexible/agile production." *International Journal of Operations & Production Management* 17 (12):1183-1195. doi: 10.1108/01443579710182936.
- Eaidgah, Youness, Alireza Arab Maki, Kylie Kurczewski, and Amir Abdekhodae. 2016. "Visual management, performance management and continuous improvement: a lean manufacturing approach." *International Journal of Lean Six Sigma* 7 (2):187-210.
- Eaton, Mark. 2013. *The Lean Practitioner's Handbook*: Kogan Page Publishers.
- Freivalds, Andris., and Benjamin W. Niebel. 2013. *Niebel's Methods, Standards, & Work Design*. 13 ed: McGraw-Hill Higher Education.
- Gross, John M., and Kenneth R. McInnis. 2003. *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*: AMACOM.
- Hirano, Hiroyuki. 1995. *5 Pillars of the Visual Workplace*: Taylor & Francis.
- Imai, Masaaki. 2012. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. 2 ed: McGraw-Hill Education.

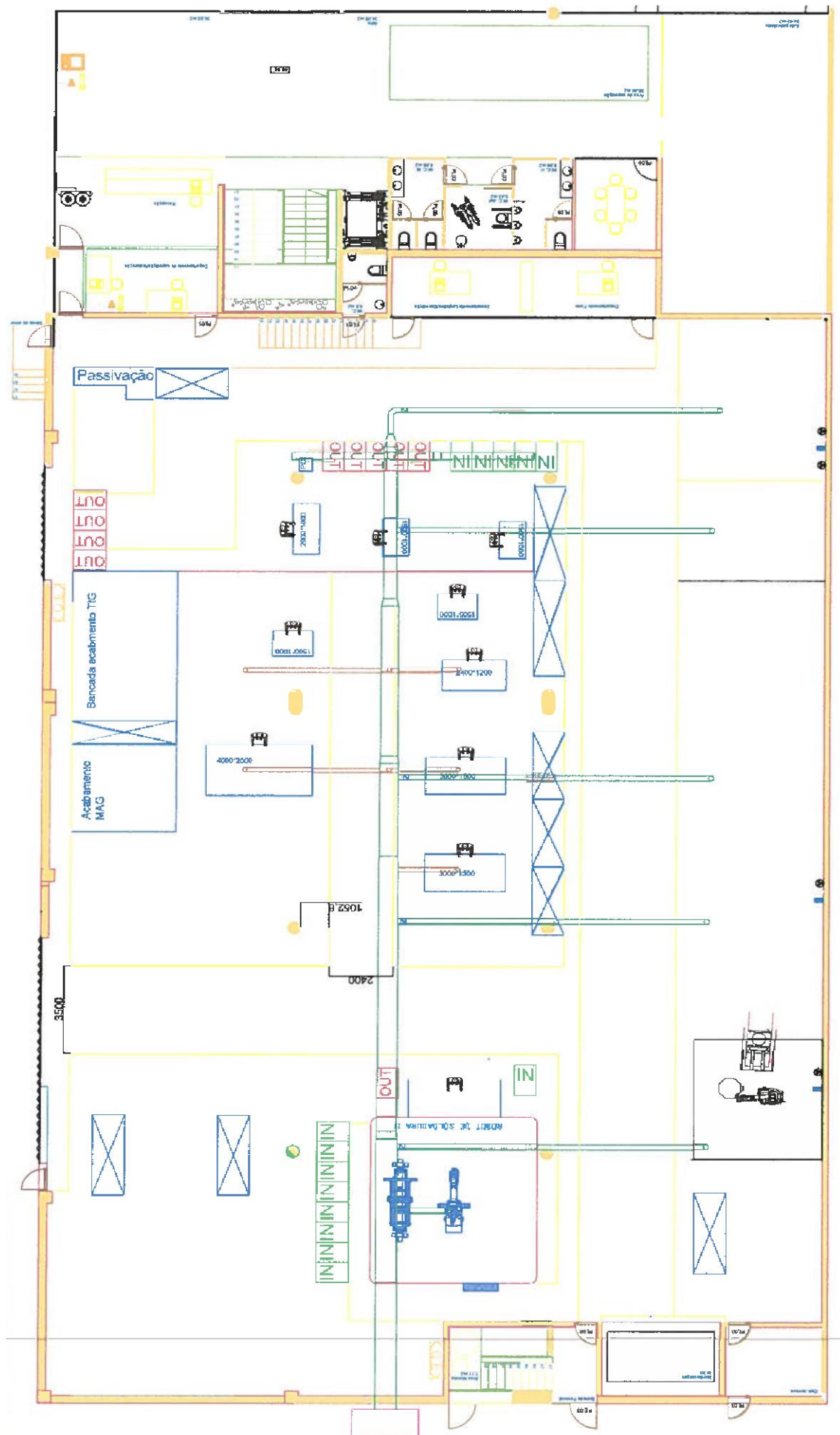
- Jayswal, Arpit, N.D. Chauhan, and Rahul Sen. 2017. "A Literature Review on Lean Manufacturing Techniques." *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology* 3 (2).
- Kumar, C Sendil, and R Panneerselvam. 2007. "Literature review of JIT-KANBAN system." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 32 (3-4):393-408. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0340-2>.
- Liker, Jeffrey K. 2003. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*: McGraw-Hill Education.
- Liker, Jeffrey K., and David Meier. 2005. *The Toyota Way Fieldbook*: McGraw-Hill Education.
- Melton, T. 2005. "The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries." *Chemical Engineering Research and Design* 83 (6):662-673. doi: 10.1205/cherd.04351.
- Monden, Yasuhiro. 2011. *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. 4 ed: CRC Press.
- Niebel, Benjamin W. 1962. *Motion and Time Study: an introduction to methods, time study, and wage payment.*: R. D. Irwin.
- Ohno, Taiichi. 1988. *Toyota production system: beyond large-scale production*: Productivity Press.
- Pereira, Ana, M. Florentina Abreu, David Silva, Anabela C. Alves, José A. Oliveira, Isabel Lopes, and Manuel C. Figueiredo. 2016. "Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company – A Case Study." *Procedia CIRP* 52 (2016):239-244. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>.
- Pinto, João Paulo. 2009. "Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras." *Lisboa: Lidel*.
- Productivity Press Development Team. 2002. *Standard Work for the Shopfloor*: Taylor & Francis.
- Quantal Group. 2017. "Quantal Group." accessed 12 de Fevereiro 2018. <https://quantalgroup.com/>.
- Rother, Mike., and John. Shook. 2003. *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*: Lean Enterprise Institute.
- Sarkar, Debashis. 2006. *5S for Service Organizations and Offices: A Lean Look at Improvements*: ASQ Quality Press.
- Shingo, Shigeo. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*: Productivity Press.
- Shingo, Shigeo. 1986. *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*: Productivity Press.
- Silva, Adriana S, Carla F Medeiros, and Raimundo Kennedy Vieira. 2017. "Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company." *Journal of Cleaner Production* 150:324-338.
- STILL. 2018. LiftRunner Technical Data - Tugger Train Trailers and Trolleys. edited by STILL.
- Womack, James P., and Daniel T. Jones. 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*: Free Press.

Womack, James P., Daniel T. Jones, and Daniel Roos. 1990. *Machine that changed the world*: Simon and Schuster.

ANEXO A: *Layout* da fábrica da Quantal S.A. no início do projeto - pavilhão 2, 1 e cave, respetivamente







ANEXO B: Características do comboio de reboque LTX 70/LTX-T 80 da STILL

LTX Electric Tractor and Transporter
Detailed Photos



Lateral battery change



STILL Ramp Indicator



Pedestrian function



Large footwell



Step

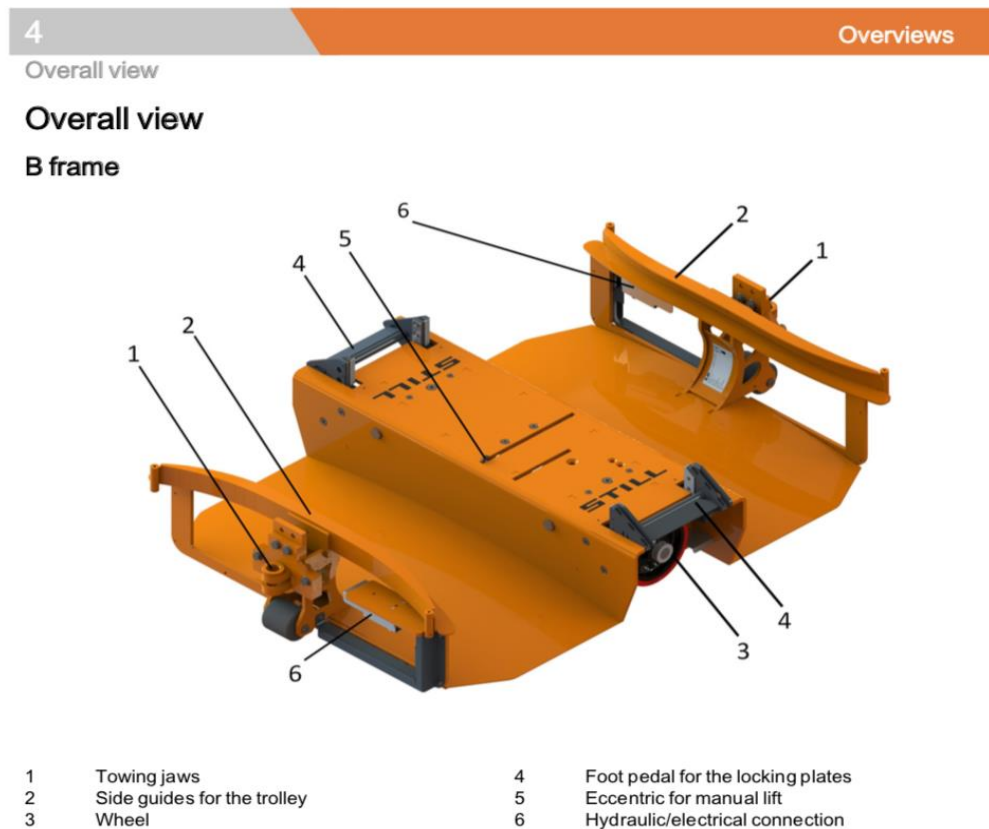


Adjustable steering column

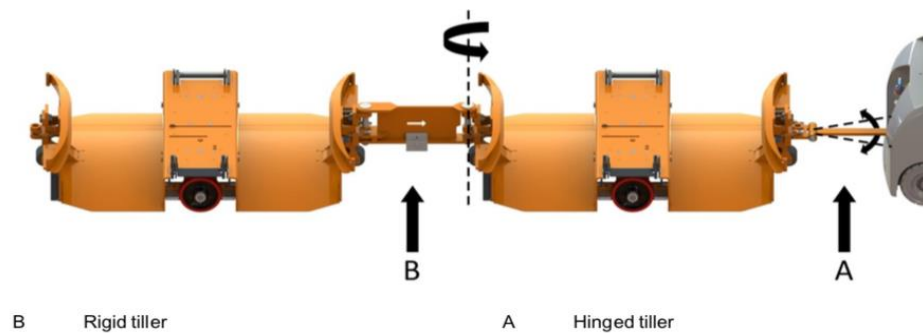


LED daytime driving lights

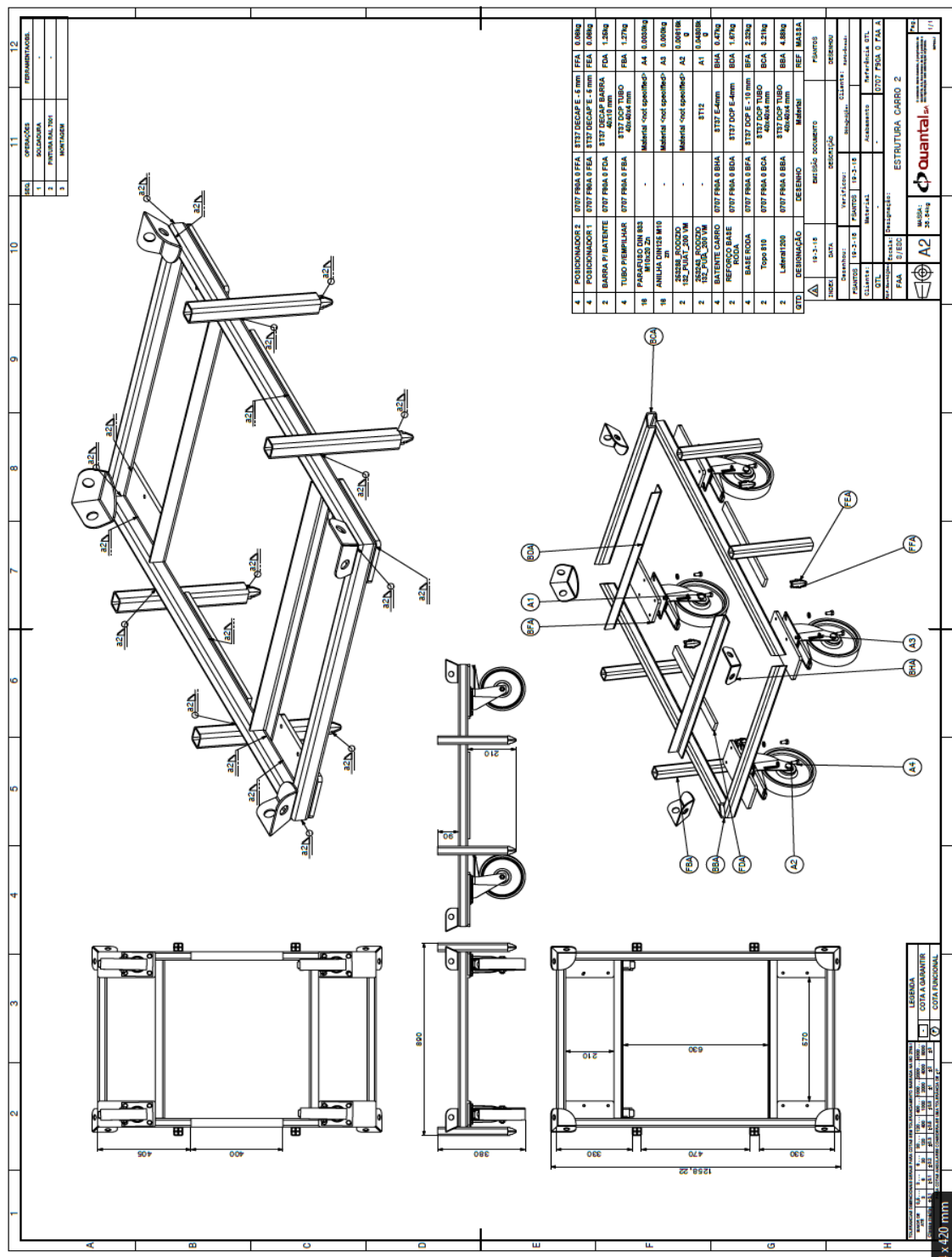
ANEXO C: Vista geral do modelo *B-Frame* de *trailers* da STILL



Articulated steering system



ANEXO D: Desenho de conjunto do *trolley* projetado e produzido na Quantal S.A.



ANEXO E: Estudo da contagem de paletes na fábrica por dia

	22/02/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	22	7	15
CL3D	7	2	5
Quinagem	28	1	27
Estampagem	15	1	14
Maquinação	62	24	38
Ferramentaria	18	1	17
Qualidade	9	8	1
Subcontratação	10	0	10
Total	171	44	127

	26/02/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	15	2	13
CL3D	14	3	11
Quinagem	33	0	33
Estampagem	5	0	5
Maquinação	83	46	37
Ferramentaria	33	10	23
Qualidade	6	3	3
Subcontratação	7	0	7
Total	196	64	132

	28/02/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	15	2	13
CL3D	7	4	3
Quinagem	30	8	22
Estampagem	5	0	5
Maquinação	94	45	49
Ferramentaria	24	17	7
Qualidade	7	4	3
Subcontratação	4	3	1
Total	186	83	103

	01/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	16	6	10
CL3D	6	1	5
Quinagem	28	7	21
Estampagem	11	3	8
Maquinação	110	63	47
Ferramentaria	21	11	10
Qualidade	8	6	2
Subcontratação	9	2	7
Total	209	99	110

	05/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	10	3	7
CL3D	21	5	16
Quinagem	23	2	21
Estampagem	12	2	10
Maquinação	95	49	46
Ferramentaria	27	14	13
Qualidade	8	7	1
Subcontratação	23	1	22
Total	219	83	136

	06/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	15	3	12
CL3D	17	0	17
Quinagem	28	3	25
Estampagem	11	1	10
Maquinação	91	60	31
Ferramentaria	26	13	13
Qualidade	8	7	1
Subcontratação	12	1	11
Total	208	88	120

	07/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	12	4	8
CL3D	15	2	13
Quinagem	27	1	26
Estampagem	15	2	13
Maquinação	93	56	37
Ferramentaria	24	10	14
Qualidade	10	7	3
Subcontratação	4	2	2
Total	200	84	116

	08/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	14	5	9
CL3D	15	2	13
Quinagem	27	0	27
Estampagem	14	3	11
Maquinação	95	65	30
Ferramentaria	22	14	8
Qualidade	7	3	4
Subcontratação	10	7	3
Total	204	99	105

	12/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	13	4	9
CL3D	33	3	30
Quinagem	34	0	34
Estampagem	17	4	13
Maquinação	98	61	37
Ferramentaria	26	8	18
Qualidade	9	7	2
Subcontratação	4	1	3
Total	234	88	146

	13/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	13	3	10
CL3D	19	3	16
Quinagem	30	2	28
Estampagem	27	3	24
Maquinação	95	62	33
Ferramentaria	24	15	9
Qualidade	11	6	5
Subcontratação	4	3	1
Total	223	97	126

	14/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	13	3	10
CL3D	19	3	16
Quinagem	41	3	38
Estampagem	14	5	9
Maquinação	86	61	25
Ferramentaria	21	14	7
Qualidade	8	7	1
Subcontratação	5	4	1
Total	207	100	107

	19/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	13	4	9
CL3D	17	6	11
Quinagem	49	2	47
Estampagem	18	10	8
Maquinação	88	51	37
Ferramentaria	20	11	9
Qualidade	7	4	3
Subcontratação	4	4	0
Total	216	92	124

	20/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	9	2	7
CL3D	18	5	13
Quinagem	47	2	45
Estampagem	6	3	3
Maquinação	96	67	29
Ferramentaria	20	14	6
Qualidade	8	7	1
Subcontratação	4	4	0
Total	208	104	104

	21/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	12	2	10
CL3D	32	10	22
Quinagem	45	21	24
Estampagem	8	0	8
Maquinação	99	71	28
Ferramentaria	19	15	4
Qualidade	9	6	3
Subcontratação	4	4	0
Total	228	129	99

	22/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	6	2	4
CL3D	21	5	16
Quinagem	44	4	40
Estampagem	13	1	12
Maquinação	96	62	34
Ferramentaria	20	9	11
Qualidade	7	6	1
Subcontratação	9	4	5
Total	216	93	123

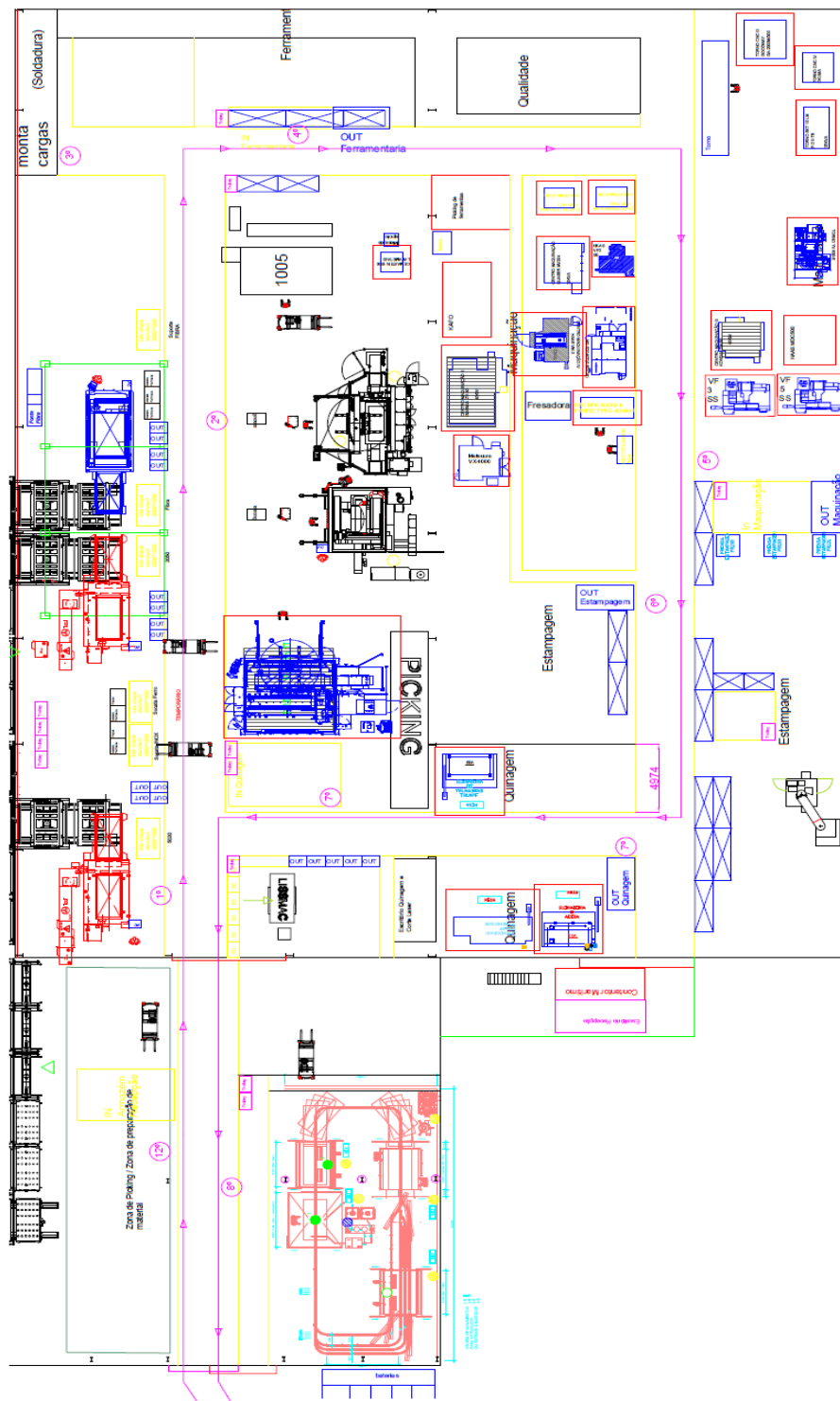
	26/03/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	13	4	9
CL3D	20	2	18
Quinagem	38	4	34
Estampagem	12	2	10
Maquinação	83	46	37
Ferramentaria	21	12	9
Qualidade	13	4	9
Subcontratação	14	6	8
Total	214	80	134

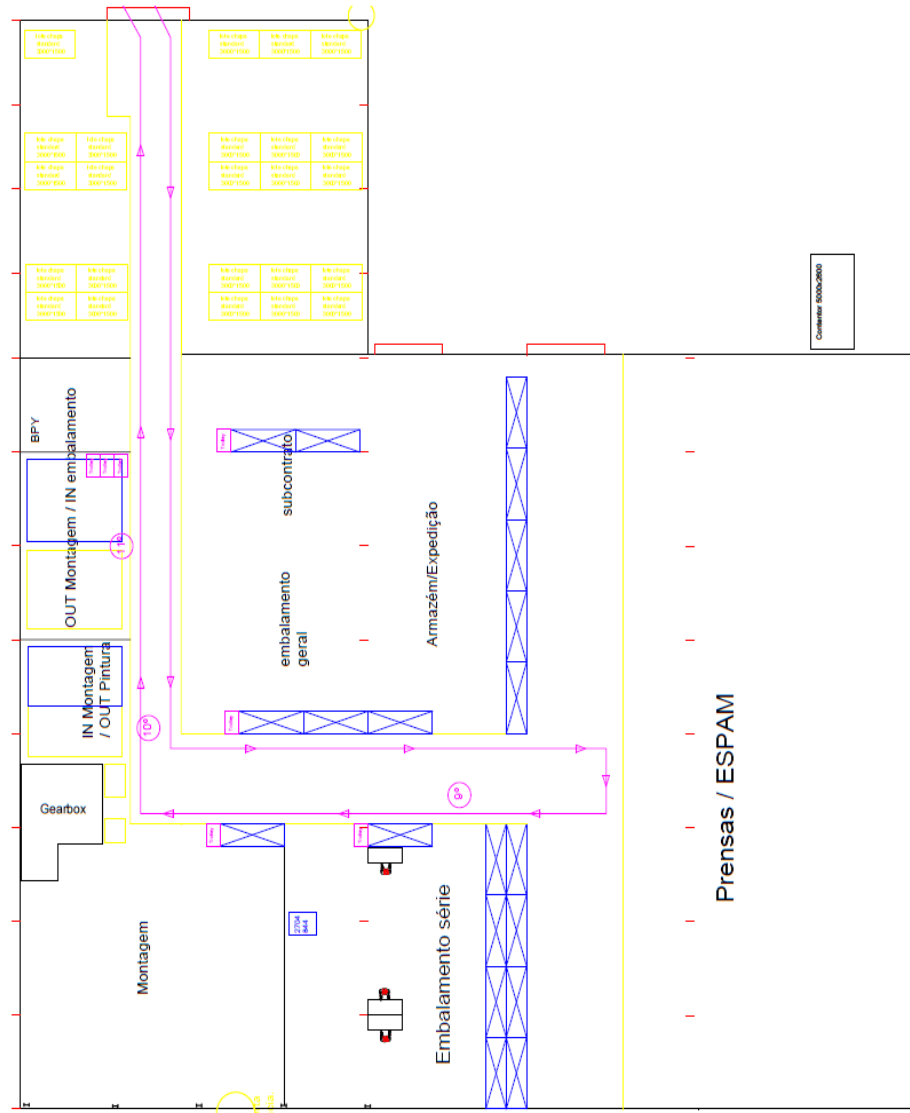
	04/04/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	10	3	7
CL3D	21	6	15
Quinagem	35	5	30
Estampagem	8	1	7
Maquinação	95	44	51
Ferramentaria	17	12	5
Qualidade	9	1	8
Subcontratação	4	4	0
Total	199	76	123

	05/04/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	15	4	11
CL3D	17	10	7
Quinagem	28	1	27
Estampagem	12	2	10
Maquinação	83	44	39
Ferramentaria	19	13	6
Qualidade	8	6	2
Subcontratação	4	4	0
Total	186	84	102

	09/04/18		
Setor	Total Paletes	Paletes Repetidas	Paletes Novas
CL2D	7	0	7
CL3D	16	7	9
Quinagem	28	0	28
Estampagem	4	0	4
Maquinação	104	52	52
Ferramentaria	24	9	15
Qualidade	7	6	1
Subcontratação	17	4	13
Total	207	78	129

ANEXO F: Locais definidos para colocação de *trolleys* e rota do comboio logístico na fábrica (pavilhão 1 e 2)





ANEXO G: Exemplo dos dados da produção retirados do sistema informático da Quantal S.A.

Descrição	OF	Operação	Nome Operador	Data Início	Hora Início	Data Fim	Hora Fim
Corte Laser 2D (Trumpf 3050)	440882	CORTE 2D	z	18/03/18	22:03:03	19/03/18	05:54:52
Prensa Soldadura I (Motofil)	446222	SOLDADURA DE PORCAS	z	18/03/18	22:03:20	19/03/18	02:07:28
Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)	444725	CORTE	z	18/03/18	22:04:28	19/03/18	05:00:25
Robot Soldadura VII (Fanuc 120iB-10L amarelo - mag)	429580	SOLDADURA ROBOT	z	18/03/18	22:08:13	19/03/18	01:58:57
Prensa Soldadura IV (Serra 2)	444997	SOLDADURA RESISTÊNCIA	z	18/03/18	22:11:52	19/03/18	01:59:08
Corte Laser 3D (Trumpf 1005)	440251	CORTE	z	18/03/18	22:12:00	19/03/18	05:54:10
Centro Maq. X (Haas VF-5)	445471	MAQUINAR	z	18/03/18	22:16:22	19/03/18	00:19:37
Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	440996	CORTE	z	18/03/18	23:41:09	19/03/18	00:51:56
Centro Maq. X (Haas VF-5)	445477	MAQUINAR	z	19/03/18	00:21:14	19/03/18	01:22:31
Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	445543	Preparação de trabalho	z	19/03/18	00:52:09	19/03/18	01:06:05
Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	442137	CORTE	z	19/03/18	01:09:03	19/03/18	02:37:00
Centro Maq. X (Haas VF-5)	443892	MAQUINAR	z	19/03/18	01:25:57	19/03/18	05:04:15
Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	445107	CORTE	z	19/03/18	02:37:19	19/03/18	03:24:35
Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	445425	CORTE	z	19/03/18	03:25:04	19/03/18	04:29:07
Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	440009	CORTE	z	19/03/18	04:30:12	19/03/18	05:54:59
Centro Maq. X (Haas VF-5)	445508	FURAR + ESCAREAR	z	19/03/18	05:05:24	19/03/18	05:56:20
Rectificadora	445543	Ferramentas e gabarits	z	19/03/18	05:59:15	19/03/18	06:08:42
Robot Soldadura VI (Fanuc 120iB-10L azul - mag)	434475	SOLDADURA ROBOT	z	19/03/18	06:02:38	19/03/18	06:21:59
Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	439727	CORTE	z	19/03/18	06:03:10	19/03/18	07:19:56
Quebra Arestas (LISMAC)	446692	QUEBRAR ARESTAS	z	19/03/18	06:04:37	19/03/18	06:32:57
Quinadora V (Trumpf 1m)	446226	QUINAGEM	z	19/03/18	06:04:41	19/03/18	09:59:44
Roscadora II (Mesa)	446107	ROSCAGEM	z	19/03/18	06:06:28	19/03/18	06:14:13
MIG/MAG 03	438816	SOLDAR	z	19/03/18	06:06:54	19/03/18	10:59:56
MIG/MAG 05	444562	ACABAR	z	19/03/18	06:07:50	19/03/18	06:09:33
MIG/MAG 01	437959	SOLDAR	z	19/03/18	06:08:29	19/03/18	07:18:56
Prensa Mec. II (Balconi 50t)	434060	CRAVAR REBITES	z	19/03/18	06:08:51	19/03/18	12:42:49
Quinadora VII (Trumpf 3100 3m)	444748	QUINAGEM	z	19/03/18	06:09:04	19/03/18	07:13:04
Quinadora VIII (Trumpf 5085 2m)	442214	QUINAGEM	z	19/03/18	06:09:17	19/03/18	06:18:55
Rectificadora	442337	RETIFICAR	z	19/03/18	06:09:18	19/03/18	14:00:09

ANEXO H: Contagem de Ordens de Fabrico finalizadas por hora em cada setor nos três períodos de tempo analisados

Período: 28/02/18 a 15/03/18

Maquinação		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
FCM01	Centro Maq. I (Kondia)	1
FCM02	Centro Maq. II (Ibarmia)	7
FCM03	Centro Maq. III (Kondia 2P)	6
FCM04	Centro Maq. IV (HAAS VM-3)	8
FCM05	Centro Maq. V (HAAS MDC500)	5
FCM07	Centro Maq. VII (Quaser)	9
FCM08	Centro Maq. VIII (Matsuura)	37
FCM09	Centro Maq. IX (Haas VF-2)	14
FCM10	Centro Maq. X (Kafo)	4
FCM11	Centro Maq. XI (Matsuura)	3
FCM12	Centro Maq. IX (Haas VF-3)	46
FCM13	Centro Maq. X (Haas VF-5)	36
FTC02	Torno CNC III (GoodWay)	5
FTC04	Torno CNC V (Hyundai-Kia)	8
FTC05	Torno CNC VI (Vertical - Yougi)	2
FTM01	Torno Mecânico II	23
FEF01	Electroerosão Fio	2
FEF02	Electroerosão Fio (Fanuc Robocut)	3
FRT01	Rectificadora	3
SDG01	Desengorduramento	29
Total		251
OF/dia		16,73333333
Capacidade Semanal Maquinação		144
OF/hora		0,8715

Soldadura TIG		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
STG01	TIG 01	57
STG02	TIG 02	16
STG03	TIG 03	4
STG04	TIG 04	2
STG05	TIG 05	2
STG06	TIG 06	17
STG07	TIG 07	4
SAC06	Esferas de vidro	1
Total		103
OF/dia		6,86666667
Capacidade semanal TIG		80
OF/hora		0,6438

Quinagem		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
QCP01	Cravar Porcas (Haeger)	27
QQN02	Quinadora II (Adira 110t)	62
QQN03	Quinadora III (Trumpf 130t)	1
QQN04	Quinadora IV (Trumpf 4mts)	176
QQN05	Quinadora V (Trumpf 1m)	44
QQN06	Quinadora VI (Adira Bluebend)	1
QQN07	Quinadora VII (Trumpf 3100 3m)	141
QQN08	Quinadora VIII (Trumpf 5085 2m)	198
SAC07	Quebra Arestas (LISSMAC)	285
FCL01	Calandra	10
SGN01	Granalhadora I	10
SGN02	Granalhadora II	8
SPR02	Maq. Rebitar Porcas	18
Total		981
OF/dia		65,4
Capacidade semanal QUI		80
OF/hora		6,1313

CL2D		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
C2D02	Corte Laser 2D (Trumpf 4030)	8
C2D03	Corte Laser 2D (Trumpf 3050)	134
C2D04	Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	143
C2D05	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)	245
Total		530
OF/dia		35,33333333
Capacidade semanal c2d		168
OF/hora		1,5774

CL3D		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
C3D01	Corte Laser 3D (Trumpf 1005)	34
C3D02	Corte Laser 3D (Primal)	4
C3D03	Corte Laser 3D (Trumpf 7020)	34
C3D04	Corte Laser 3D (PrimalI)	8
Total		80
OF/dia		5,33333333
Capacidade semanal c3d		168
OF/hora		0,2381

Soldadura MAG		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
SMG01	MIG/MAG 01	27
SMG02	MIG/MAG 02	33
SMG03	MIG/MAG 03	42
SMG04	MIG/MAG 04	35
SMG05	MIG/MAG 05	48
SPR01	Maq. Soldar Pernos	1
SAC02	Acabamento (rebarbagem)	146
Total		332
OF/dia		22,13333333
Capacidade semanal SMAG		80
OF/hora		2,0750

Ferramentaria		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
FFD01	Furadora I (FM)	76
FFD02	Furadora II (Ibarmia)	43
FFR01	Fresadora I (First)	24
FRC01	Roscadora I (Manual)	9
FRC02	Roscadora II (Mesa)	85
FRC03	Roscadora III (Mesa - GAMOR)	54
Total		291
OF/dia		19,4
Capacidade semanal Ferramentaria		80
OF/hora		1,8188

Soldadura Robot		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
SRB01	Robot Soldadura I (Motofil - grande)	12
SRB04	Robot Soldadura IV (Kuka - soldadura las	2
SRB06	Robot Soldadura VI (Fanuc 120iB-10L az	5
SRB07	Robot Soldadura VII (Fanuc 120iB-10L ar	1
Total		20
OF/dia		1,333333333
Capacidade semanal Sold. Robot		168
OF/hora		0,0595

Estampagem		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
FPH01	Prensa Hidr. I (Maquidral 75t)	8
FPH02	Prensa Hidr. II (Brunnhuber 150t)	27
FPH03	Prensa Hidr. III (Casquilhos 1t)	2
FPH04	Prensa Hidr. IV (Amob)	3
FPH05	Prensa Hidr. V (300t)	20
FPH08	Prensa Hidr. VI	4
FPH09	Prensa Hidr. VII (MIB 150t)	2
FPH10	Prensa Hidr. VIII (LBM 150t)	4
Total		70
OF/dia		4,666666667
Capacidade semanal Estampagem		120
OF/hora		0,2917

Soldadura Resistência		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
SPS01	Prensa Soldadura I (Motofil)	16
SPS03	Prensa Soldadura II	1
SPS04	Prensa Soldadura III (Serra 1)	4
SPS05	Prensa Soldadura IV (Serra 2)	12
Total		33
OF/dia		2,2
Capacidade semanal Sold. Resist.		80
OF/hora		0,2063

Serrote		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
FSR02	Serrote II (Fita pequeno)	56
FSR03	Serrote III (Manual)	1
Total		57
OF/dia		0,066666667
Capacidade semanal Serrote		80
OF/hora		0,3563

Período: 19/03/18 a 25/03/18

Maquinação		
CT	Descrição	Contagem de Of
FCM01	Centro Maq. I (Kondia)	1
FCM02	Centro Maq. II (Ibarmia)	7
FCM03	Centro Maq. III (Kondia 2P)	3
FCM04	Centro Maq. IV (HAAS VM-3)	12
FCM05	Centro Maq. V (HAAS MDC500)	0
FCM07	Centro Maq. VII (Quaser)	3
FCM08	Centro Maq. VIII (Matsuura)	19
FCM09	Centro Maq. IX (Haas VF-2)	20
FCM10	Centro Maq. X (Kafo)	4
FCM11	Centro Maq. XI (Matsuura)	2
FCM12	Centro Maq. IX (Haas VF-3)	17
FCM13	Centro Maq. X (Haas VF-5)	24
FTC02	Torno CNC III (GoodWay)	1
FTC03	Torno CNC IV (Okuma)	4
FTC04	Torno CNC V (Hyundai-Kia)	5
FTC05	Torno CNC VI (Vertical - Yougi)	3
FTM01	Torno Mecânico II	6
FEF01	Electroerosão Fio	0
FEF02	Electroerosão Fio (Fanuc Robocut)	2
FRT01	Rectificadora	5
SDG01	Desengorduramento	12
Total		150
OF/dia		21,42857143
Capacidade Semanal Maquinação		144
OF/hora		1,0417

Soldadura TIG		
CT	Descrição	Contagem de Of
STG01	TIG 01	33
STG02	TIG 02	5
STG03	TIG 03	0
STG04	TIG 04	0
STG05	TIG 05	0
STG06	TIG 06	20
STG07	TIG 07	0
SAC06	Esferas de vidro	0
Total		58
OF/dia		8,285714286
Capacidade semanal TIG		80
OF/hora		0,7250

Quinagem		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
QCP01	Cravar Porcas (Haeger)	8
QQN01	Quinadora I (Adira 45t)	1
QQN02	Quinadora II (Adira 110t)	72
QQN03	Quinadora III (Trumpf 130t)	0
QQN04	Quinadora IV (Trumpf 4mts)	71
QQN05	Quinadora V (Trumpf 1m)	28
QQN06	Quinadora VI (Adira Bluebend)	0
QQN07	Quinadora VII (Trumpf 3100 3m)	85
QQN08	Quinadora VIII (Trumpf 5085 2m)	123
SAC07	Quebra Arestas (LISSMAC)	181
FCL01	Calandra	4
SGN01	Granalhadora I	8
SGN02	Granalhadora II	2
SPR02	Maq. Rebitar Porcas	6
Total		589
OF/dia		84,14285714
Capacidade semanal QUI		80
OF/hora		7,3625

CL2D		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
C2D02	Corte Laser 2D (Trumpf 4030)	26
C2D03	Corte Laser 2D (Trumpf 3050)	48
C2D04	Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	76
C2D05	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)	108
Total		258
OF/dia		36,85714286
Capacidade semanal c2d		168
OF/hora		1,5357

CL3D		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
C3D01	Corte Laser 3D (Trumpf 1005)	23
C3D02	Corte Laser 3D (PrimaI)	15
C3D03	Corte Laser 3D (Trumpf 7020)	17
C3D04	Corte Laser 3D (PrimaII)	1
Total		56
OF/dia		8
Capacidade semanal c3d		168
OF/hora		0,3333

Soldadura MAG		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
SMG01	MIG/MAG 01	24
SMG02	MIG/MAG 02	21
SMG03	MIG/MAG 03	21
SMG04	MIG/MAG 04	16
SMG05	MIG/MAG 05	14
SPR01	Maq. Soldar Pernos	2
SAC02	Acabamento (rebarbagem)	109
Total		207
OF/dia		29,57142857
Capacidade semanal SMAG		80
OF/hora		2,5875

Ferramentaria		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
FFD01	Furadora I (FM)	35
FFD02	Furadora II (Ibarmia)	26
FFR01	Fresadora I (First)	11
FRC01	Roscadora I (Manual)	4
FRC02	Roscadora II (Mesa)	56
FRC03	Roscadora III (Mesa - GAMOR)	26
Total		158
OF/dia		22,57142857
Capacidade semanal Ferramentaria		80
OF/hora		1,9750

Soldadura Robot		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
SRB01	Robot Soldadura I (Motofil - grande)	1
SRB03	Robot Soldadura III (pequeno)	1
SRB04	Robot Soldadura IV (Kuka - soldadura laser)	0
SRB06	Robot Soldadura VI (Fanuc 120iB-10L azul - mag)	4
SRB07	Robot Soldadura VII (Fanuc 120iB-10L amarelo - mag)	1
Total		7
OF/dia		1
Capacidade semanal Sold. Robot		168
OF/hora		0,0417

Estampagem		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
FPH01	Prensa Hidr. I (Maquidral 75t)	6
FPH02	Prensa Hidr. II (Brunnhuber 150t)	6
FPH03	Prensa Hidr. III (Casquilhos 1t)	2
FPH04	Prensa Hidr. IV (Amob)	0
FPH05	Prensa Hidr. V (300t)	19
FPH08	Prensa Hidr. VI	7
FPH09	Prensa Hidr. VII (MIB 150t)	4
FPH10	Prensa Hidr. VIII (LBM 150t)	0
Total		44
OF/dia		6,285714286
Capacidade semanal Estampagem		120
OF/hora		0,3667

Soldadura Resistência		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
SPS01	Prensa Soldadura I (Motofil)	6
SPS03	Prensa Soldadura II	0
SPS04	Prensa Soldadura III (Serra 1)	3
SPS05	Prensa Soldadura IV (Serra 2)	8
Total		17
OF/dia		2,428571429
Capacidade semanal Sold. Resist.		80
OF/hora		0,2125

Serrote		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
FSR02	Serrote II (Fita pequeno)	28
FSR03	Serrote III (Manual)	3
Total		31
OF/dia		0,428571429
Capacidade semanal Serrote		80
OF/hora		0,3875

Período: 26/03/18 a 31/03/18

Maquinação		
CT	Descrição	Contagem de Of
FCM01	Centro Maq. I (Kondia)	0
FCM02	Centro Maq. II (Ibarmia)	8
FCM03	Centro Maq. III (Kondia 2P)	2
FCM04	Centro Maq. IV (HAAS VM-3)	15
FCM05	Centro Maq. V (HAAS MDC500)	0
FCM07	Centro Maq. VII (Quaser)	8
FCM08	Centro Maq. VIII (Matsuura)	18
FCM09	Centro Maq. IX (Haas VF-2)	5
FCM10	Centro Maq. X (Kafo)	5
FCM11	Centro Maq. XI (Matsuura)	7
FCM12	Centro Maq. IX (Haas VF-3)	36
FCM13	Centro Maq. X (Haas VF-5)	11
FTC02	Torno CNC III (GoodWay)	5
FTC03	Torno CNC IV (Okuma)	3
FTC04	Torno CNC V (Hyundai-Kia)	2
FTC05	Torno CNC VI (Vertical - Yougi)	0
FTM01	Torno Mecânico II	2
FEF01	Electroerosão Fio	0
FEF02	Electroerosão Fio (Fanuc Robocut)	1
FRT01	Rectificadora	1
SDG01	Desengorduramento	14
	Total	143
	OF/dia	23,83333333
	Capacidade Semanal Maquinação	136
	OF/hora	1,0515

Soldadura TIG		
CT	Descrição	Contagem de Of
STG01	TIG 01	34
STG02	TIG 02	6
STG03	TIG 03	3
STG04	TIG 04	1
STG05	TIG 05	1
STG06	TIG 06	3
STG07	TIG 07	3
SAC06	Esferas de vidro	1
	Total	52
	OF/dia	8,666666667
	Capacidade semanal TIG	80
	OF/hora	0,6500

Quinagem		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
QCP01	Cravar Porcas (Haeger)	8
QQN01	Quinadora I (Adira 45t)	0
QQN02	Quinadora II (Adira 110t)	45
QQN03	Quinadora III (Trumpf 130t)	
QQN04	Quinadora IV (Trumpf 4mts)	87
QQN05	Quinadora V (Trumpf 1m)	19
QQN06	Quinadora VI (Adira Bluebend)	0
QQN07	Quinadora VII (Trumpf 3100 3m)	73
QQN08	Quinadora VIII (Trumpf 5085 2m)	111
SAC07	Quebra Arestas (LISSMAC)	183
FCL01	Calandra	4
SGN01	Granalhadora I	19
SGN02	Granalhadora II	1
SPR02	Maq. Rebitar Porcas	1
	Total	551
	OF/dia	91,83333333
	Capacidade semanal QUI	80
	OF/hora	6,8875

CL2D		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
C2D02	Corte Laser 2D (Trumpf 4030)	8
C2D03	Corte Laser 2D (Trumpf 3050)	66
C2D04	Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	76
C2D05	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)	160
	Total	310
	OF/dia	51,66666667
	Capacidade semanal c2d	144
	OF/hora	2,1528

CL3D		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
C3D01	Corte Laser 3D (Trumpf 1005)	8
C3D02	Corte Laser 3D (PrimaI)	5
C3D03	Corte Laser 3D (Trumpf 7020)	21
C3D04	Corte Laser 3D (PrimaII)	2
	Total	36
	OF/dia	6
	Capacidade semanal c3d	144
	OF/hora	0,2500

Soldadura MAG		
CT	Descrição	Contagem de Ofs
SMG01	MIG/MAG 01	11
SMG02	MIG/MAG 02	12
SMG03	MIG/MAG 03	28
SMG04	MIG/MAG 04	9
SMG05	MIG/MAG 05	17
SPR01	Maq. Soldar Pernos	1
SAC02	Acabamento (rebarbagem)	59
	Total	137
	OF/dia	22,83333333
	Capacidade semanal SMAG	80
	OF/hora	1,7125

Ferramentaria		
CT	Descrição	Contagem de Of
FFD01	Furadora I (FM)	31
FFD02	Furadora II (Ibarmia)	16
FFR01	Fresadora I (First)	10
FRC01	Roscadora I (Manual)	2
FRC02	Roscadora II (Mesa)	47
FRC03	Roscadora III (Mesa - GAMOR)	27
FFO01	Forno I	1
Total		134
OF/dia		22,33333333
Capacidade semanal Ferramentaria		80
OF/hora		1,6750

Soldadura Robot		
CT	Descrição	Contagem de Of
SRB01	Robot Soldadura I (Motofil - grande)	5
SRB03	Robot Soldadura III (pequeno)	0
SRB05	Robot Soldadura IV (Kuka - soldadura laser)	3
SRB05	Robot Soldadura V (Fanuc - soldadura laser)	1
SRB06	Robot Soldadura VI (Fanuc 120iB-10L azul - mag)	3
SRB07	Robot Soldadura VII (Fanuc 120iB-10L amarelo - mag)	1
Total		13
OF/dia		2,166666667
Capacidade semanal Sold. Robot		144
OF/hora		0,0903

Estampagem		
CT	Descrição	Contagem de Of
FPH01	Prensa Hidr. I (Maquidral 75t)	6
FPH02	Prensa Hidr. II (Brunnhuber 150t)	14
FPH03	Prensa Hidr. III (Casquilhos 1t)	1
FPH04	Prensa Hidr. IV (Amob)	4
FPH05	Prensa Hidr. V (300t)	9
FPH08	Prensa Hidr. VI	3
FPH09	Prensa Hidr. VII (MIB 150t)	2
FPH10	Prensa Hidr. VIII (LBM 150t)	1
Total		40
OF/dia		6,666666667
Capacidade semanal Estampagem		120
OF/hora		0,3333

Soldadura Resistência		
CT	Descrição	Contagem de Of
SPS01	Prensa Soldadura I (Motofil)	16
SPS03	Prensa Soldadura II	0
SPS04	Prensa Soldadura III (Serra 1)	4
SPS05	Prensa Soldadura IV (Serra 2)	7
Total		27
OF/dia		4,5
Capacidade semanal Sold. Resist.		80
OF/hora		0,3375

Serrote		
CT	Descrição	Contagem de Of
FSR02	Serrote II (Fita pequeno)	10
FSR03	Serrote III (Manual)	0
FSR04	Serrote IV (Fita grande)	10
Total		20
OF/dia		3,333333333
Capacidade semanal Serrote		80
OF/hora		0,2500

Média final de OF's finalizadas/hora em cada setor

Setor	Períodos de tempo analisados				Média OF's finalizadas/hora
	28/02/18 - 15/03/18	19/02/18 - 25/03/18	26/02/18 - 31/03/18		
CL2D	1,5774	1,5357	2,1528		1,7553
CL3D	0,2381	0,3333	0,2500		0,2738
Quinagem	6,1313	7,3625	6,8875		6,7938
Ferramentaria	1,8188	1,9750	1,6750		1,8229
Maquinação	0,8715	1,0417	1,0515		0,9882
Estampagem	0,2917	0,3667	0,3333		0,3306
Soldadura TIG	0,6438	0,7250	0,6500		0,6729
Soldadura MAG	2,0750	2,5875	1,7125		2,1250
Soldadura Robot	0,0595	0,0417	0,0903		0,0638
Soldadura Resistência	0,2063	0,2125	0,3375		0,2521
Serrote	0,3563	0,3875	0,2500		0,3313

ANEXO I: Documento criado para registo de paletes por parte dos operadores

CL2D	19/03/18	20/03/18	21/03/18	22/03/18	23/03/18	24/03/18	25/03/18
	CL3D						
	Quinagem						
	Estampagem						
	Maquinação						
	Ferramentaria						
	Soldadura						
	Montagem						
	Embalamento						

ANEXO J: Contagem de paletes finalizadas por hora no CL2D, Quinagem e Ferramentaria nos dois períodos de tempo analisados

Período: 19/03/18 a 25/03/18

CL2D		Data						
CT	Descrição	19/03/18	20/03/18	21/03/18	22/03/18	23/03/18	24/03/18	25/03/18
C2D02	Corte Laser 2D (Trumpf 4030)	0	0	0	0	0	0	0
C2D03	Corte Laser 2D (Trumpf 3050)	1	4	8	6	1	0	1
C2D04	Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	10	13	12	6	3	2	2
C2D05	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)	9	0	1	10	7	0	0
Total por dia		20	17	21	22	11	2	3
Total		96						
Total c/ Acrescento Teórico		110,40						
Pallet/dia		15,77						
Capacidade semanal CL2D		168						
Pallet/hora		0,6571						

Período: 26/03/18 a 31/03/18

CL2D		Data						
CT	Descrição	26/03/18	27/03/18	28/03/18	29/03/18	30/03/18	31/03/18	
C2D02	Corte Laser 2D (Trumpf 4030)	0	0	0	0	0	0	
C2D03	Corte Laser 2D (Trumpf 3050)	5	4	1	0	0	0	
C2D04	Corte Laser 2D (Trumpf 5030)	8	10	3	6	2	1	
C2D05	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)	15	14	12	10	4	0	
Total por dia		28	28	16	16	6	1	
Total		95						
Total c/ Acrescento Teórico		109,25						
Paquete/dia		18,208						
Capacidade semanal CL2D		144						
Paquete/hora		0,7587						
Quinagem		Data						
		26/03/18	27/03/18	28/03/18	29/03/18	30/03/18	31/03/18	
Total por dia		33	39	25	32	34	10	
Total		173						
Total c/ Acrescento Teórico		198,95						
Paquete/dia		33,158						
Capacidade semanal CL2D		80						
Paquete/hora		2,4869						
Ferramentaria		Data						
		26/03/18	27/03/18	28/03/18	29/03/18	30/03/18	31/03/18	
Total por dia		9	10	8	5	2	0	
Total		34						
Total c/ Acrescento Teórico		39,10						
Paquete/dia		6,517						
Capacidade semanal CL2D		80						
Paquete/hora		0,4888						

Média final de paletes finalizadas/hora nos setores CL2D, Quinagem e Ferramentaria

Setor	Períodos de tempo analisados		Média paletes finalizadas/hora
	19/02/18 - 25/03/18	26/02/18 - 31/03/18	
CL2D	0,6571	0,7587	0,7079
Quinagem	-	2,4869	2,4869
Ferramentaria	-	0,4888	0,4888

ANEXO K: Stock de segurança adotado para cada setor

Setor	Média de OF's finalizadas/hora	Stock segurança c/ base nas OF's	Média de paletes finalizadas/hora	Stock segurança c/ base nas paletes	Stock segurança final	Observações
CL2D	1,7553	2	0,7079	1	3	À média dos dois estudos acrescentou-se um trolley de segurança.
CL3D	0,2738	1	-	-	1	Apenas baseado no estudo das OF's.
Quinagem	6,7938	7	2,4869	3	5	Baseado nos dois estudos.
Ferramentaria	1,8229	2	0,4888	1	2	Baseado nos dois estudos.
Maquinação	0,9882	1	-	-	2	Apenas baseado no estudo das OF's; acrescentou-se um trolley de segurança.
Esmalpagem	0,3306	1	-	-	1	Apenas baseado no estudo das OF's.
Soldadura TIG	0,6729	1	-	-	1	Apenas baseado no estudo das OF's.
Soldadura MAG	2,1250	3	-	-	3	Apenas baseado no estudo das OF's.
Soldadura Robot	0,0638	1	-	-	1	Apenas baseado no estudo das OF's.
Soldadura Resistência	0,2521	1	-	-	1	Apenas baseado no estudo das OF's.
Serrote	0,3313	1	-	-	2	Apenas baseado no estudo das OF's.

ANEXO L: Exemplo dos dados das Ordens de Fabrico extraídas do sistema informático da Quantal S.A.

Numof	Estado	Numop	Descricao	Descricaot
444281	Em curso	D	DESENHO 2D	Software Autocad I
444281	Em curso	PL2	PROGRAMAÇÃO LASER 2D	Software Tops 100 I
444281	Em curso	CL2	CORTE	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)
444281	Em curso	EM	EMBALAMENTO	Embalamento Geral
444282	Em curso	D	DESENHO 2D	Software Autocad I
444282	Em curso	PL2	PROGRAMAÇÃO LASER 2D	Software Tops 100 I
444282	Em curso	CL2	CORTE	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)
444282	Em curso	EM	EMBALAMENTO	Embalamento Geral
444283	Em curso	D	DESENHO 2D	Software Autocad I
444283	Em curso	PL2	PROGRAMAÇÃO LASER 2D	Software Tops 100 I
444283	Em curso	CL2	CORTE	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)
444283	Em curso	EM	EMBALAMENTO	Embalamento Geral
444284	Em curso	D	DESENHO 2D	Software Autocad I
444284	Em curso	PL2	PROGRAMAÇÃO LASER 2D	Software Tops 100 I
444284	Em curso	CL2	CORTE	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)
444284	Em curso	EM	EMBALAMENTO	Embalamento Geral
444285	Em curso	D	DESENHO 2D	Software Autocad I
444285	Em curso	PL2	PROGRAMAÇÃO LASER 2D	Software Tops 100 I
444285	Em curso	CL2	CORTE	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)
444285	Em curso	EM	EMBALAMENTO	Embalamento Geral
444286	Em curso	D	DESENHO 2D	Software Autocad I
444286	Em curso	PL2	PROGRAMAÇÃO LASER 2D	Software Tops 100 I
444286	Em curso	CL2	CORTE	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)
444286	Em curso	Q	QUINAGEM	Quinadora II (Adira 110t)
444286	Em curso	EM	EMBALAMENTO	Embalamento Geral
444287	Em curso	D	DESENHO 2D	Software Autocad I
444287	Em curso	PL2	PROGRAMAÇÃO LASER 2D	Software Tops 100 I
444287	Em curso	CL2	CORTE	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)
444287	Em curso	Q	QUINAGEM	Quinadora II (Adira 110t)
444287	Em curso	EM	EMBALAMENTO	Embalamento Geral
444288	Em curso	D	DESENHO 2D	Software Autocad I
444288	Em curso	PL2	PROGRAMAÇÃO LASER 2D	Software Tops 100 I
444288	Em curso	CL2	CORTE	Corte Laser 2D (Trumpf Fibra)
444288	Em curso	Q	QUINAGEM	Quinadora II (Adira 110t)
444288	Em curso	EM	EMBALAMENTO	Embalamento Geral

ANEXO M: Contagem do processo seguinte de cada setor por análise das Ordens de Fabrico

De	Para	CL2D	CL3D	Quinagem	Ferramentaria	Maquinação	Estampagem	Soldadura	Montagem	Embalamento
CL2D			-	129	82	39	38	33	-	191
CL3D	-			-	-	1	-	-	-	41
Quinagem	-		4		29	-	-	6	16	153
Ferramentaria	-		-	35		28	-	10	-	39
Maquinação	-		-	33	1		-	1	5	28
Estampagem	-		38	-	-	-		-	-	-
Soldadura	-		-	11	-	-	-		10	29

ANEXO N: Contagem de paletes por setor para o CL2D, Quinagem e Ferramentaria

CL2D	
Setor de Destino	Total paletes
Quinagem	62
Embalamento	56
Ferramentaria	32
Maquinação	16
Soldadura	16
Estampagem	9

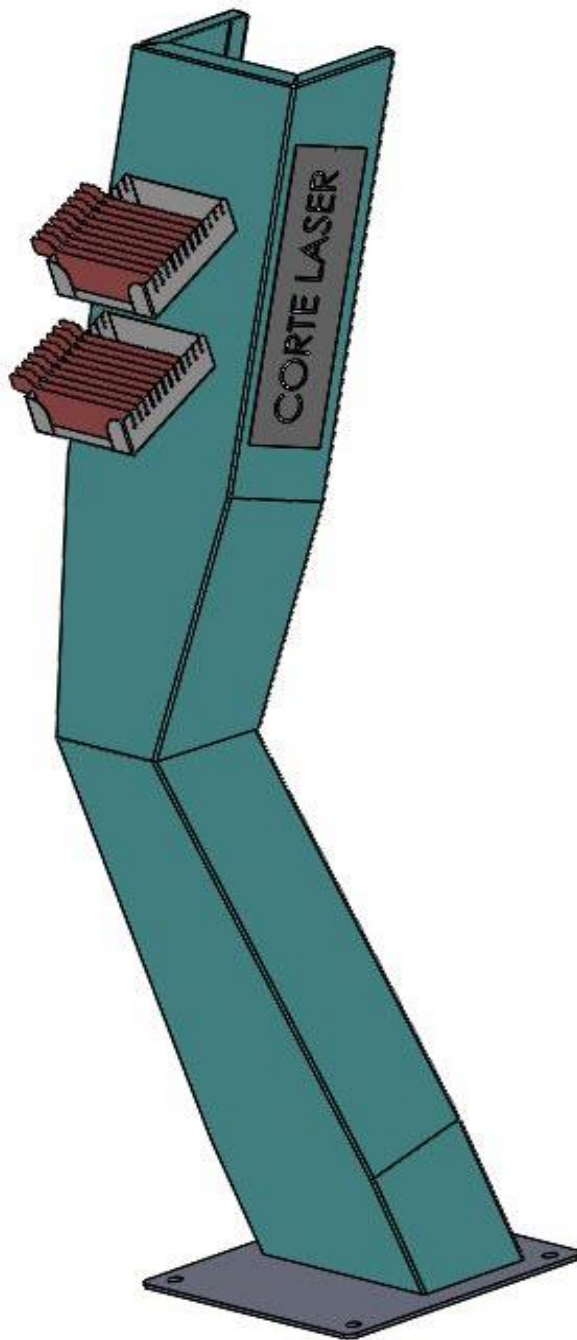
Quinagem	
Setor de Destino	Total paletes
Embalamento	80
Soldadura	35
Ferramentaria	27
Montagem	21
CL3D	10

Ferramentaria	
Setor de Destino	Total paletes
Quinagem	18
Embalamento	8
Soldadura	4
Montagem	2
Maquinação	2

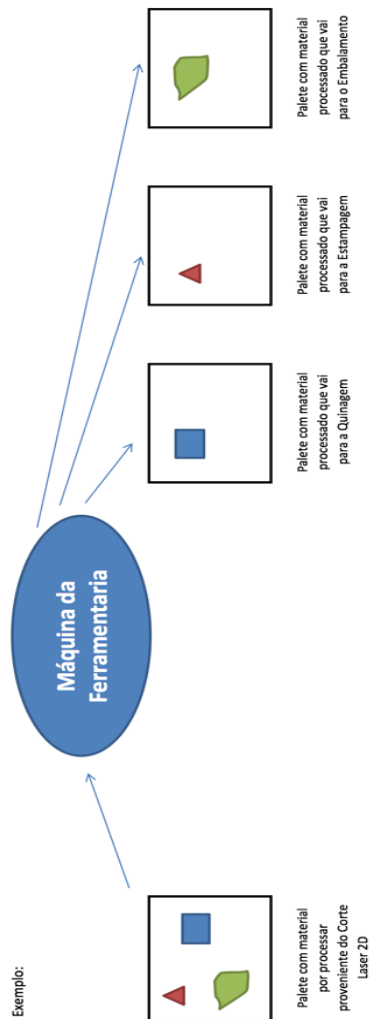
ANEXO O: Quantidades de cartões produzidas

Setor	Quantidade inicial produzida	Quantidade acrescentada	Total cartões existentes
Soldadura MAG	40	0	40
Soldadura Resistência	20	0	20
Soldadura Robot	20	0	20
Soldadura TIG	40	0	40
Montagem	40	20	60
Maquinação	60	0	60
Ferramentaria	60	20	80
Corte LASER 2D	20	0	20
Corte LASER 3D	40	0	40
Quinagem	60	0	60
Estampagem	60	0	60
Embalamento (Série)	40	0	40
Embalamento (Subcontrato)	60	0	60
Embalamento (Geral)	60	0	60
Expedição	20	30	50
Pintura	50	0	50
ESPAM	20	0	20
Serrote	15	0	15
Qualidade	15	0	15

ANEXO P: Posto de informação



ANEXO Q: Exemplo da regra de funcionamento 1 relativa aos setores - correta separação de material

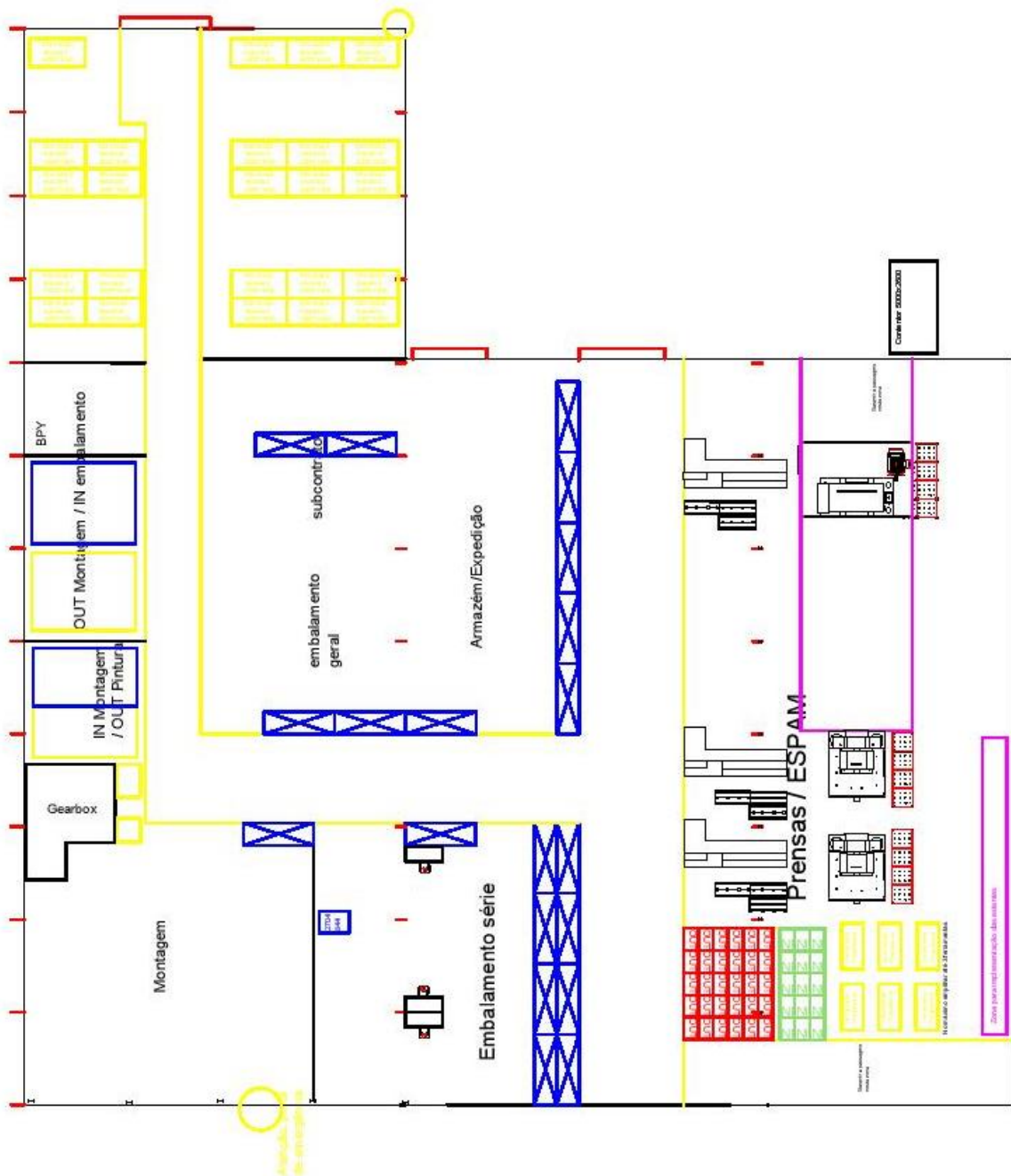


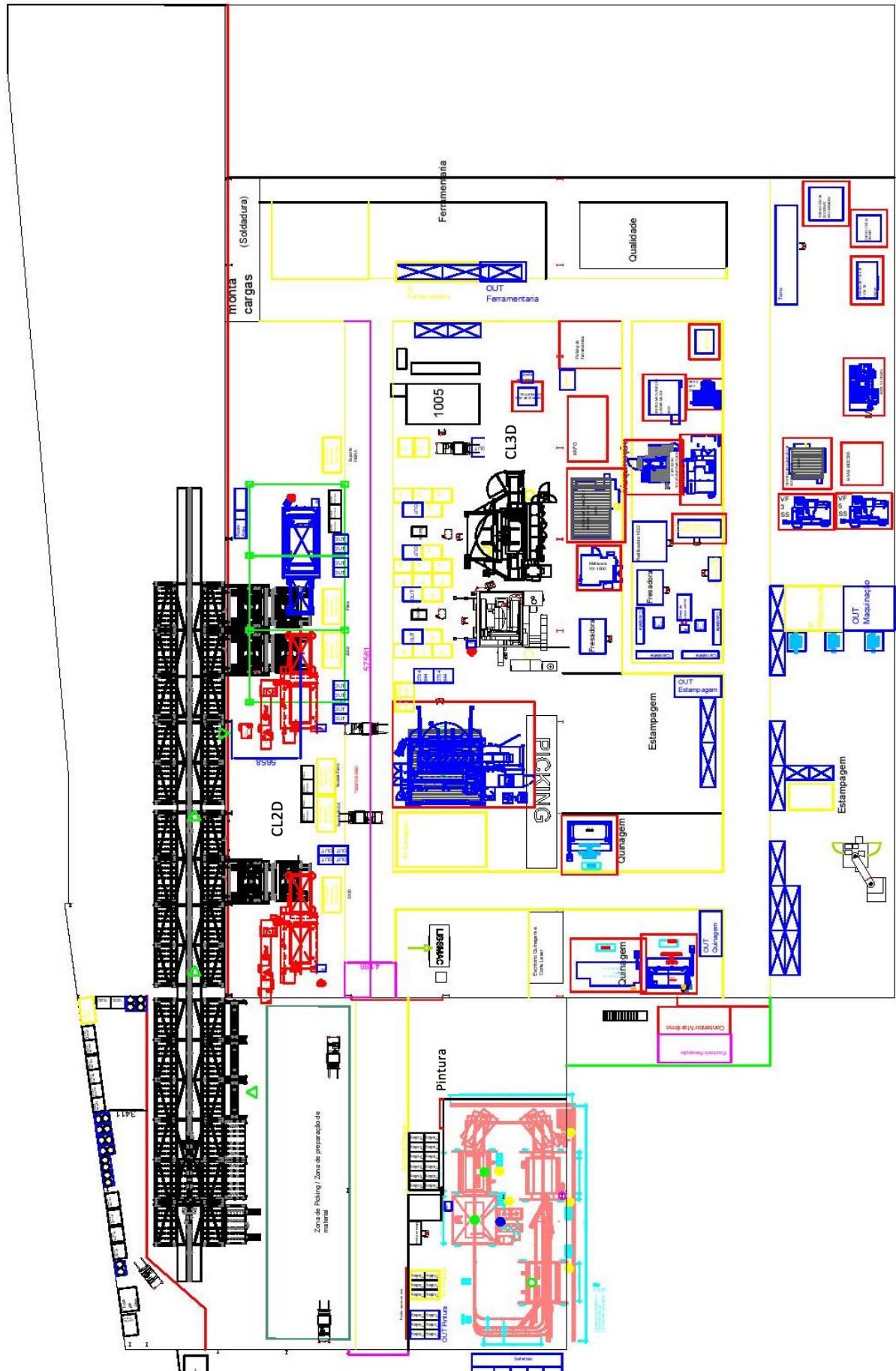
ANEXO R: Folha informativa com as regras de funcionamento do comboio logístico relativas aos setores

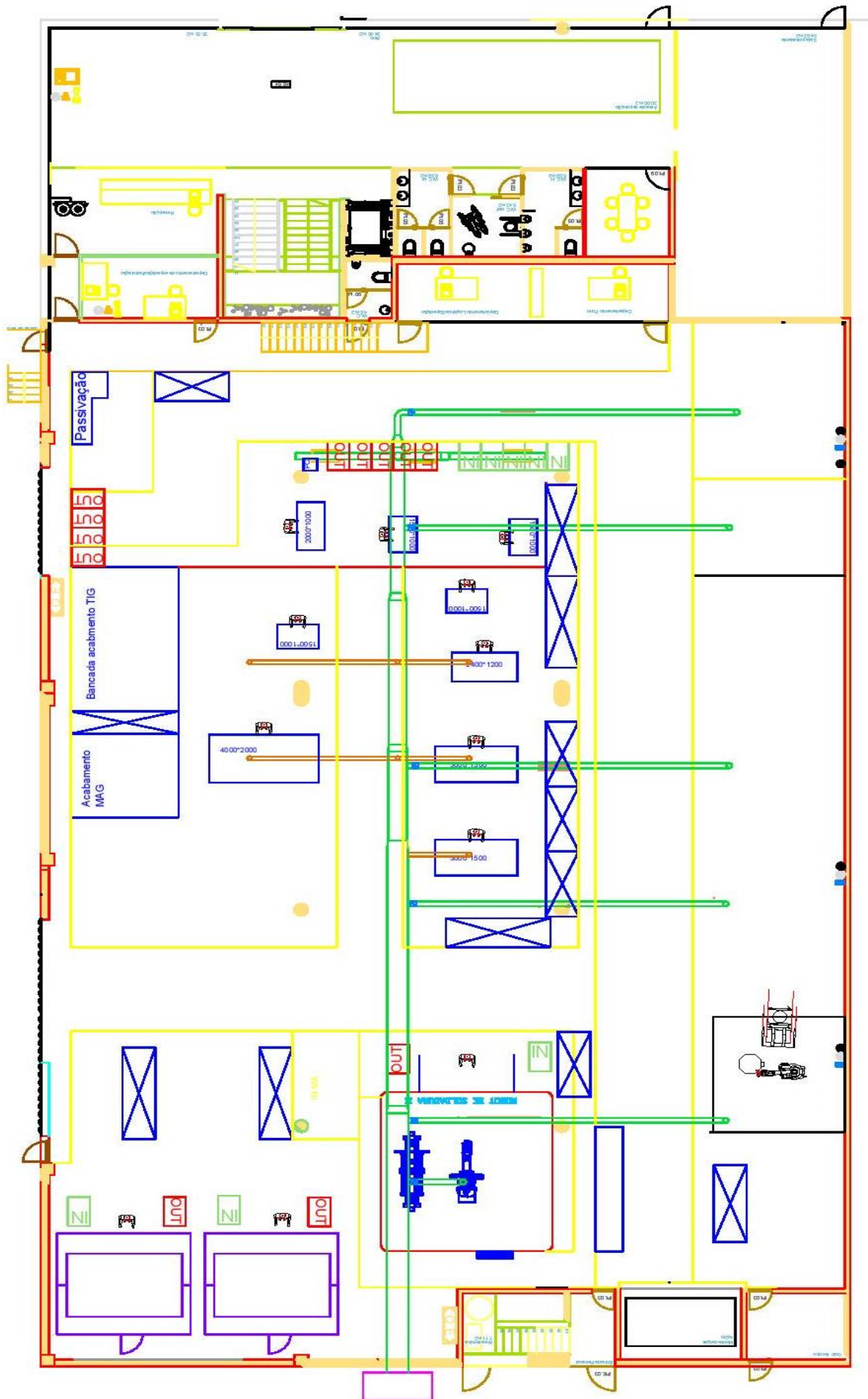
Regras de funcionamento transversais a cada setor

- 1. CADA PALETE SÓ DEVE TER MATERIAL PARA UM SETOR.**
- 2. UM TROLLEY SÓ ESTÁ PRONTO A SER TRANSPORTADO QUANDO SE ENCONTRA NO OUT E COM O CARTÃO DE IDENTIFICAÇÃO DO DESTINO.**
- 3. NA ÁREA DE TRABALHO DO COLABORADOR, SÓ PODEM ESTAR NO MÁXIMO DOIS TROLLEYS.**
- 4. O COLABORADOR É RESPONSÁVEL PELA COLOCAÇÃO DO CARTÃO DE IDENTIFICAÇÃO E DO TROLLEY NO OUT.**
- 5. APÓS TER RETIRADO O TROLLEY DO IN, O COLABORADOR DEVE COLOCAR O CARTÃO DE IDENTIFICAÇÃO NA ESTANTE DE CARTÕES.**

ANEXO S: *Layout* da fábrica da Quantal S.A. no final do projeto - pavilhão 2, 1 e cave, respetivamente







ANEXO T: Descrição do funcionamento do programa de avaliação da separação de material

Regras de utilização do programa “CL_SigladoSetor”:

1. Ir ao separador “Info.Geral” do sistema RisQuantal e escrever no campo de pesquisa o nome do ficheiro “CL_Sigladosetor” e carregue em “Ver ficheiro”;
2. Abrir o ficheiro *Excel* e iniciar o programa ao clicar no botão com o nome “Executar”, como se pode ver na figura em baixo;

EXECUTAR

3. Após clicar no botão, deve aparecer o menu de utilização com a configuração apresentada na figura seguinte;

The figure displays two screenshots of the 'Avaliação da Separação de Material Entre Setores' application window. The left screenshot shows the initial form with fields for 'OF:', 'Quantidade:', and 'Setor:' (a dropdown menu), and a 'CONFIRMAR' button. The right screenshot shows the same form with the 'Setor:' dropdown menu open, displaying a list of sectors: 1 - SOLDADURA MAG, 2 - SOLDADURA RESISTÊNCIA, 3 - SOLDADURA ROBOT (laser, mag), 4 - SOLDADURA TIG, 5 - MONTAGEM, 6 - MAQUINAÇÃO, 7 - FERRAMENTARIA, and 8 - CORTE LASER 2D.

4. Preencher o campo “OF” com o número da Ordem de Fabrico do material que está no setor errado (este campo só aceita valores numéricos);
5. Preencher o campo “Quantidade” com o número de peças que a OF contém (este campo também só aceita números);
6. Escolher de entre todos os setores da fábrica, aquele que gerou o erro, ou seja, aquele que enviou o material para o setor errado;
7. Carregar em “Confirmar” para registar a informação introduzida;
8. Deve aparecer uma mensagem de “Operação bem sucedida!”, como se vê na figura seguinte;

9. Carregar em “OK” e fechar o programa;
10. A informação fica automaticamente armazenada numa folha deste *Excel*.

Código desenvolvido em VBA:

Userform1

Private Sub CommandButton1_Click()

Dim a As String

'Valida que o campo OF não está em branco

If OF_TextBox.Value = "" Then

MsgBox ("Não inseriu nenhuma OF.")

OF_TextBox.SetFocus

Exit Sub

End If

'Valida que o campo Quantidade não está em branco

If Qtd_TextBox.Value = "" Then

MsgBox ("Não inseriu nenhuma quantidade.")

Qtd_TextBox.SetFocus

Exit Sub

End If

'Valida que o campo setor não está em branco

If Setor_ComboBox.Value = "" Then

MsgBox ("Tem de designar um Setor.")

Setor_ComboBox.SetFocus

```

Exit Sub
End If

'Invoca subrotina que procede ao registo na folha dados
RegAdd

'Salva Livro
ThisWorkbook.Save

'Informa sucesso da operação
MsgBox "Operação bem sucedida!"

'Coloca o cursor no campo OF
OF_TextBox.SetFocus

End Sub

Private Sub OF_TextBox_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)

'Verifica se a tecla carregada é um número. Caso negativo, ignora.
If KeyAscii > Asc("9") Or KeyAscii < Asc("0") Then
    KeyAscii = 0
End If
End Sub

Private Sub Qtd_TextBox_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)
'Verifica se a tecla carregada é um número. Caso negativo, ignora.
If KeyAscii > Asc("9") Or KeyAscii < Asc("0") Then
    KeyAscii = 0
End If
End Sub

Private Sub UserForm_Initialize()
'Coloca o cursor no campo OF
OF_TextBox.SetFocus
End Sub

```


Module

```
Sub analise()
```

```
'Inicializa o Form
```

```
UserForm1.Show
```

```
End Sub
```

```
Sub ClearForm()
```

```
'Limpa o formulário
```

```
UserForm1.Controls("OF_TextBox").Value = ""
```

```
UserForm1.Controls("Qtd_TextBox").Value = ""
```

```
UserForm1.Controls("Setor_ComboBox").Value = ""
```

```
End Sub
```

```
Sub RegAdd()
```

```
'Regista os dados do formulário na folha Dados
```

```
If UserForm1.OF_TextBox.Value <> "" Then
```

```
Worksheets("Dados").Range("A3").EntireRow.Insert
```

```
Worksheets("Dados").Cells(3, 1).Value = UserForm1.Controls("OF_TextBox").Value
```

```
Worksheets("Dados").Cells(3, 2).Value = UserForm1.Controls("Qtd_TextBox").Value
```

```
Worksheets("Dados").Cells(3, 3).Value = UserForm1.Controls("Setor_ComboBox").Value
```

```
Worksheets("Dados").Cells(3, 4).Value = "8 - CORTE LASER 2D"
```

```
Worksheets("Dados").Cells(3, 6).Value = Format(Now(), "HH:MM:SS")
```

```
Worksheets("Dados").Cells(3, 5).Value = Format(Now(), "mm/dd/yyyy")
```

```
ClearForm
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Sub mostrar()
```

```
'Mostra folhas ocultas
```

```
Worksheets("Dados").Visible = True
```

```
Worksheets("Lista").Visible = True
```

```
End Sub
```

```
Sub ocultarVery()
```

```
'Oculta folhas com "Very Hidden"
```

```
Worksheets("Dados").Visible = xlVeryHidden  
Worksheets("Lista").Visible = xlVeryHidden  
End Sub
```

ANEXO U: Folha de registo de erros de Engenharia

[illegible]

ANEXO V: Tempos de realização do percurso CL2D-FERR-QUI-EMB com empilhador e comboio logístico, respetivamente

Empilhador - Viagem: CL2D-Ferramentaria-Quinagem-Embalamento					
Percorso	Tarefa	Simulação 1 (s)	Simulação 2 (s)	Simulação 3 (s)	Média Tempo (s)
CL2D - Ferramentaria	Carregar palete	7,91	11,78	9,45	9,71
	Viagem Ida	17,83	19,76	18,32	18,64
	Descarregar palete	6,47	7,22	10,12	7,94
	Viagem Volta	18,46	18,11	17,89	18,15
CL2D - Maquinação	Carregar palete	8,99	7,73	10,35	9,02
	Viagem Ida	43,22	47,21	46,76	45,73
	Descarregar palete	9,04	10,25	14,22	11,17
	Viagem Volta	46,45	47,59	44,23	46,09
CL2D - Quinagem	Carregar palete	9,81	10,02	8,85	9,56
	Viagem Ida	60,33	61,29	61,56	61,06
	Descarregar palete	9,45	13,34	10,23	11,01
	Viagem Volta	60,28	60,87	60,55	60,57
CL2D - Embalamento	Carregar palete	13,54	7,23	9,44	10,07
	Viagem Ida	59,54	55,91	56,67	57,37
	Descarregar palete	8,77	12,07	9,26	10,03
	Viagem Volta	60,21	58,49	55,90	58,20
Tempo Total (s)		440,30	448,87	443,80	444,32
					7,41 MIN

Comboio - Viagem: CL2D-Ferramentaria-Quinagem-Embalamento				
Percurso	Tarefa	Simulação 1 (s)	Simulação 2 (s)	Simulação 3 (s)
CL2D - Ferramentaria	Carregar 4 paletes	36,21	39,55	37,26
	Viagem Ida	18,22	19,43	18,58
	Descarregar palete	11,05	14,32	14,83
Ferramentaria - Maquinção	Viagem Ida	25,99	23,24	27,35
	Descarregar palete	13,57	14,34	17,98
Maquinção - Quinagem	Viagem Ida	17,88	16,21	16,19
	Descarregar palete	15,21	12,45	13,33
Quinagem - Embalamento	Viagem Ida	60,22	57,37	56,99
	Descarregar palete	14,15	12,29	16,77
Embalamento - CL2D	Viagem Ida	61,14	54,32	60,34
	Tempo Total (s)	273,64	263,52	279,62
				272,26
				4,54 MIN